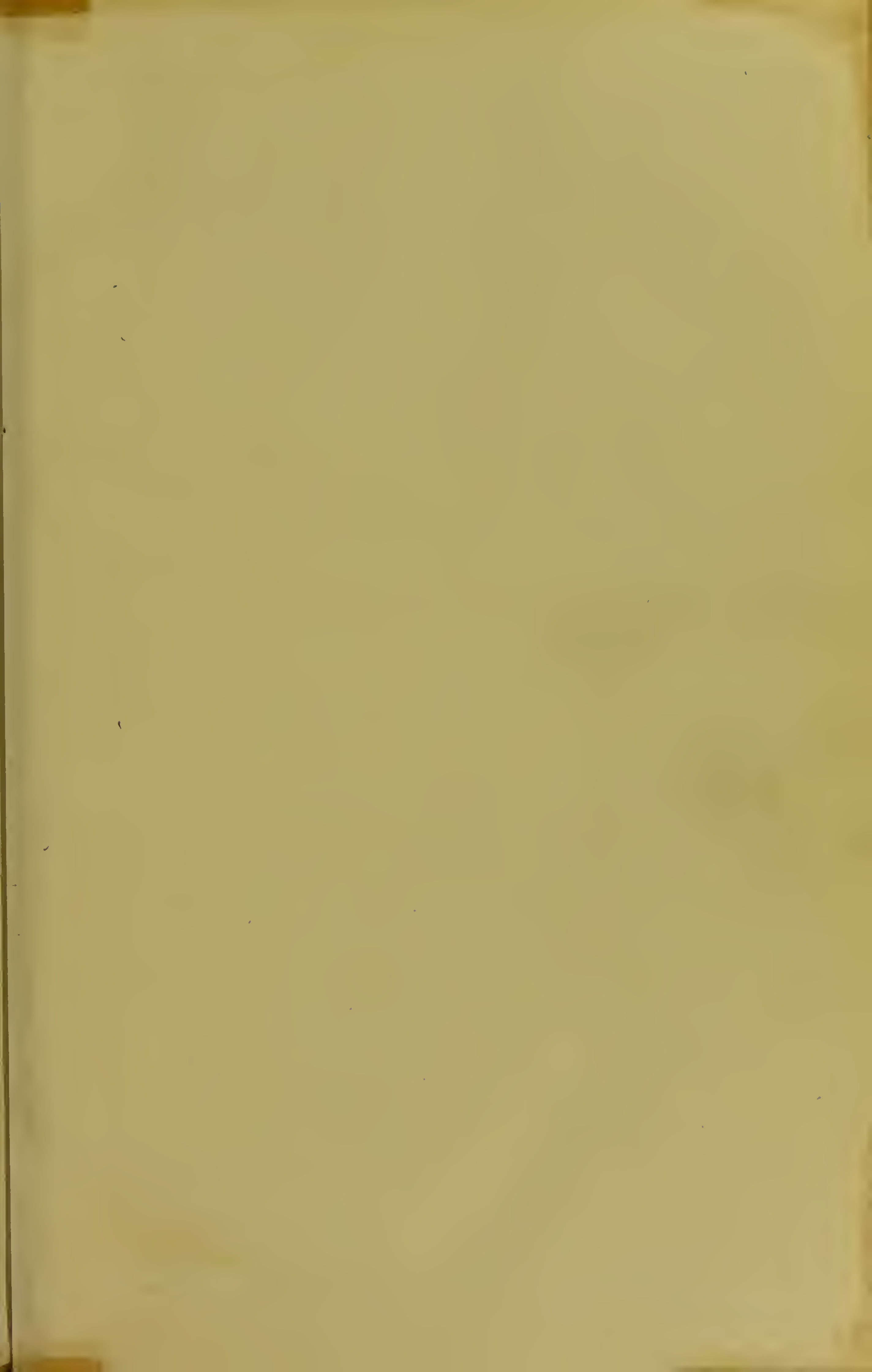
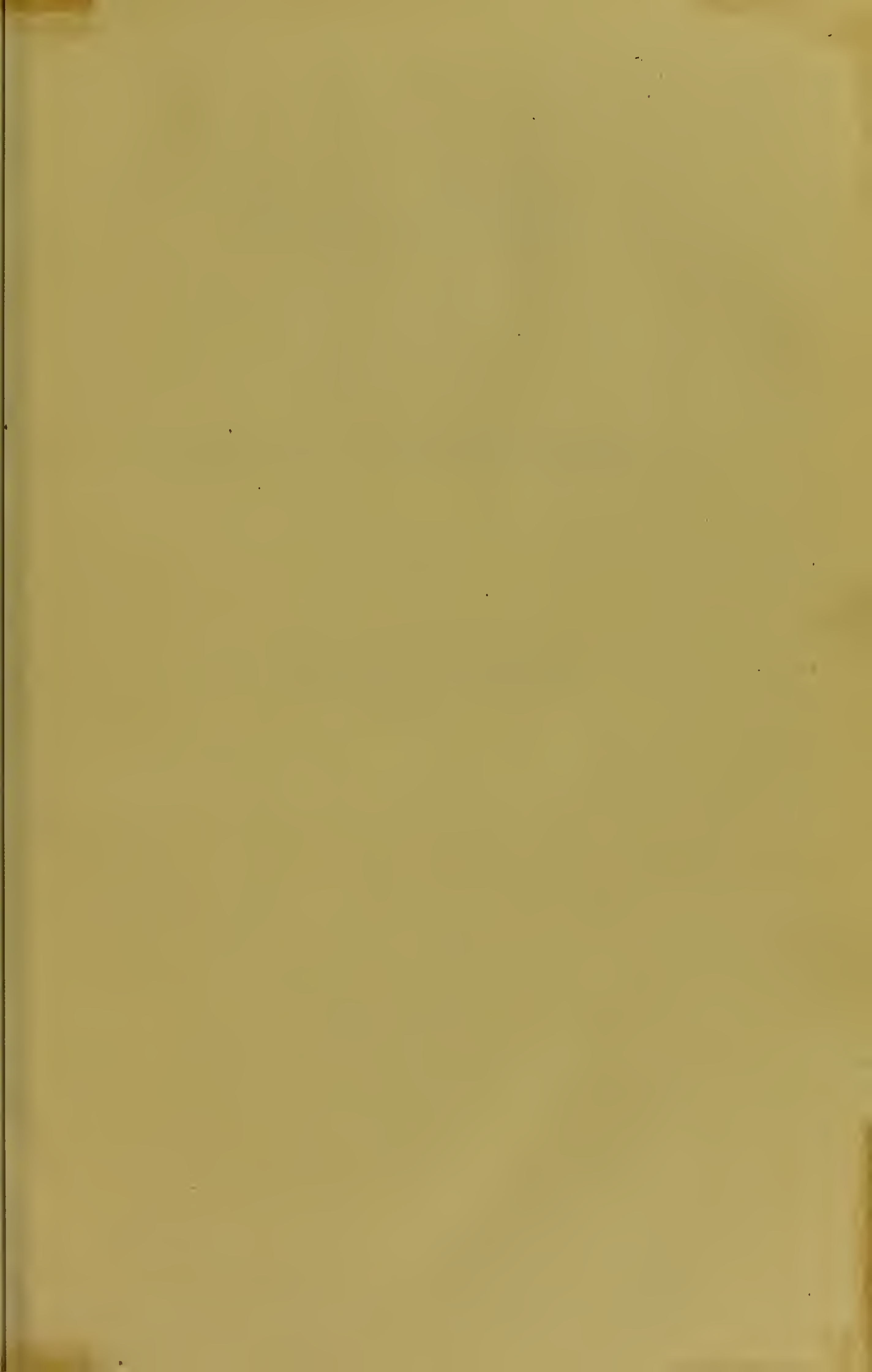
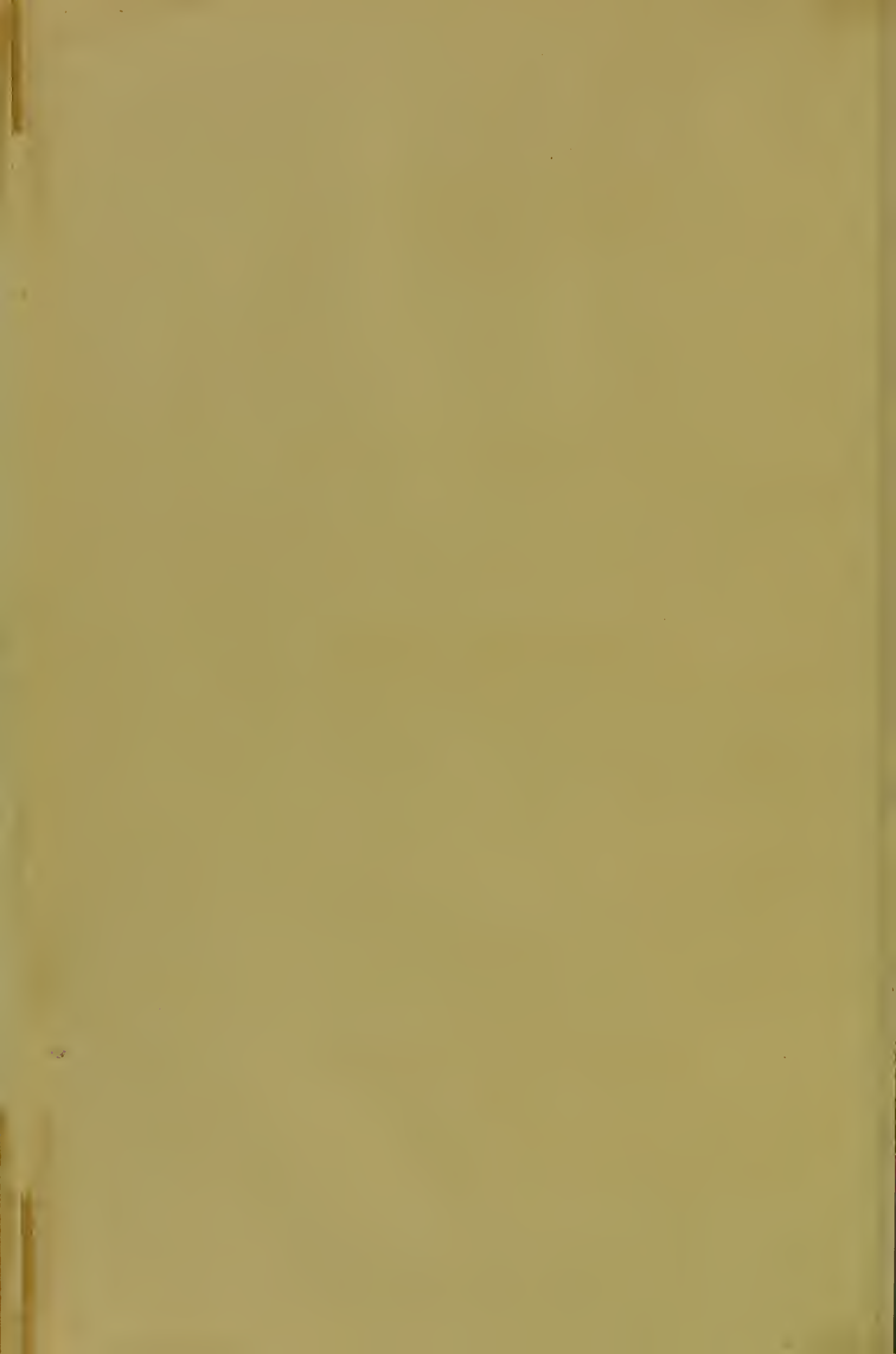










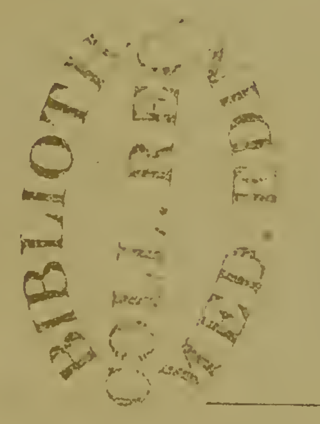
TETANUS.

EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

DR. JOHANNES RANKE,

PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE UND ASSISTENT AM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE IN MÜNCHEN.



LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1865.



VORREDE.

Im Folgenden theile ich im Zusammenhange die Experimentalresultate mit, die ich bisher bei meinen Studien über die physiologischen Zustände des Muskels gewonnen habe.

Der Titel: Tetanus, der von mir gewählt wurde, wird sich aus der Lectüre rechtfertigen; ist es doch dieser Zustand des Muskels und seine Einwirkungen auf den Muskel selbst und auf den Gesammtorganismus vor Allem, worauf sich die folgenden Mittheilungen beziehen.

Die Einzelresultate der Untersuchung, die mich seit dem Ende des Jahres 1860 bis in die jüngste Zeit beschäftigte, habe ich theilweise schon mitgetheilt. Die betreffenden Arbeiten wurden in den Laboratorien der Herren Professoren Th. L. W. Bischoff, E. du Bois-Reymond, J. von Liebig, Max Pettenkofer und C. Voit angestellt. Jedem der genannten Herren, meinen hochverehrten Lehrern, bin ich zu dem tiefsten Danke verpflichtet für den Beistand, den sie mir — nicht allein in Beziehung auf die vorliegende Untersuchung — so vielfach mit Rath und That ertheilt haben. Wie wäre ich ohne ihre Unterstützung im Stande gewesen, die Untersuchung anzustellen, die ich grossentheils nach von ihnen ausgebildeten Methoden, mit von ihnen ersonnenen Apparaten, mit den Hülfsmitteln ihrer Institute, die sie mir auf die liberalste Weise zur Benutzung übergaben, ausführte.

Trotz der genannten Unterstützung wird man Manches an dieser Arbeit zu tadeln finden.

Keineswegs entspricht die Ausführung derselben der Aufgabe, die ich vielleicht zu umfassend gestellt hatte. Doch hielt ich es für gerathen, mit dem sich häufenden Materiale nicht mehr länger zurückzuhalten, da, seitdem ich mich mit den mitgetheilten Versuchen beschäftigte, schon mehrere, theilweise glänzende Untersuchungen in ähnlicher Richtung wie die meine erschienen. Leider war ich nicht mehr im Stande, einzelne derselben, welche die auch von mir aufgestellten Fragen direct berühren, in verdienter Weise zu würdigen, da

sie erst während des Druckes der vorliegenden Untersuchung in meine Hände kamen.

Vor allem muss ich mich auf Tadel über einige der von mir befolgten Methoden gefasst machen. Weiss ich doch selbst am besten, wie viel hierin noch zu wünschen wäre. Wie wenig eignet sich bis jetzt die organische Analyse zu quantitativen Bestimmungen; und doch war es dieser Weg, auf welchem meine Beobachtungen der Natur der Sache nach grossentheils nothwendig fortschreiten mussten. Wie weit bleiben meine physikalischen Untersuchungen hinter dem Vorbilde des Meisters und Schöpfers dieses Gebietes der physiologischen Forschung zurück!

In dieser Beziehung kann ich mich nur auf die gewissenhafte Mittheilung der von mir gefundenen Werthe und Zahlenangaben berufen, womit ich die Ausführlichkeit dieses Theiles der Darstellung zu entschuldigen bitte.

Hier ist der Ort, wo es mir obliegt, für die liberale äussere Ausstattung des Buches von Seite der geehrten, rühmlichst bekannten Verlagsbuchhandlung meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Mit den vorliegenden Resultaten ist die Untersuchung selbstverständlich noch nicht abgeschlossen, womit ich den Mangel schliesslicher theoretischer Betrachtungen, wie man sie vielleicht erwarten könnte, zu entschuldigen bitte. Erst einer wahrscheinlich viel späteren Zeit wird es vorbehalten sein, genügendes Material zu besitzen zu einer Theorie der inneren Mechanik der Muskelaction.

Möge dieser mein Versuch, nach meinen schwachen Kräften beizusteuern zu dem Ausbau der physiologischen Wissenschaft, trotz der vielen ihm anhaftenden Mängel freundliche Beurtheilung finden.

München den 22. Mai 1865.

Johannes Ranke

INHALT.

Einleitung.

Erster Abschnitt.

Viertes Capitel.

Fünftes Capitel.

Sechstes Capitel.

Siebentes Capitel.

Achtes Capitel.

Neuntes Capitel.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Fünfzehntes Capitel.

Sechszehntes Capitel.

Siebzehntes Capitel.

Achtzehntes Capitel.

Neunzehntes Capitel.

EINLEITUNG.

Zur Geschichte der Chemie des Muskeltetanus.

Die Frage nach dem Grunde des Zustandekommens der Muskelbewegung zu lösen, erschien von jeher als eine der Hauptaufgaben der physiologischen Forschung.

Es gab eine Zeit, in welcher man mit aprioristischen Conjecturen, mit philosophischen, systematischen Speculationen an diese und ähnliche Aufgaben herantrat. So entstand eine Anzahl unbegründeter Hypothesen.

F. Magendie [1]) sprach den Stand der Frage in der Zeit, in welcher er bemüht war, eine exacte, physikalische Forschungsmethode in die Physiologie einzuführen, ehrlich mit wenig Worten aus:

»Welche Veränderungen gehen in dem Gefüge der Muskeln während des Zustandes ihrer Zusammenziehung vor? Man weiss es durchaus nicht, und in dieser Hinsicht unterscheidet sich die Muskelzusammenziehung nicht von den Lebensverrichtungen, von denen man durchaus keine Erklärung geben kann.«

Es existirte vor den Untersuchungen Liebig's über das Fleisch keine Muskelchemie, wie konnte es eine Chemie des Muskeltetanus geben!

Die ersten Anfänge zu einer solchen finden sich in den eben genannten Untersuchungen Liebig's [2]).

---

1) Grundriss der Physiologie, übersetzt von Heusinger 1820.

2) Chemische Untersuchung über das Fleisch und seine Zubereitung zum Nahrungsmittel. Heidelberg, 1847. C. F. Winter. — Ann. Ch. Pharm. LXII, 257;

Es sind dies die Angaben über den verschiedenen Gehalt an Kreatin bei verschiedenen Fleischsorten.

Die Reihe, in welcher Liebig das Fleisch der Säugethiere nach ihrem Gehalt an Kreatin in der Weise ordnet, dass das an Kreatin reichste Fleisch die erste Stelle einnimmt, die letzte das am wenigsten davon enthaltende, scheint dieselbe zu sein, in welcher sie mit Bezugnahme auf das Bewegungsquantum geordnet werden müssten, welches diese Thiere im Leben im Verhältniss zu ihrer Muskelmasse zu leisten im Stande sind.

Die Reihe ist folgende: Marder, Pferd, Fuchs, Reh, Hirsch, Hase, Ochs, Schaf, Schwein, Kalb.

S. 36 der oben zuerst citirten Schrift sagt Liebig:

»Der Unterschied in dem Kreatingehalt ist selbst bei derselben Thierklasse in die Augen fallend. Das Fleisch eines Fuchses, der auf der hiesigen Anatomie zweihundert Tage lang mit Fleisch gefüttert worden war, lieferte noch nicht den zehnten Theil derjenigen Menge Kreatin, welche von einem gleichen Gewicht Fleisch von auf der Jagd erlegten Füchsen erhalten wurde.«

»Der Kreatingehalt der Muskeln eines Thieres steht in einer deutlichen Beziehung zu dem Fettgehalte oder zu den Ursachen, welche die Ablagerung des Fettes bedingen. Aus fettem Fleische erhält man oft nur Spuren, immer aber weit weniger Kreatin als wie von magerem, bei gleichem Fasergehalt. Der erwähnte gefütterte Fuchs gab über 1 Pfund an Bauchlappenfett, während an gehetzten oder gejagten Füchsen das Fett für das Auge nicht wahrnehmbar war.«

Im Herzen des Ochsen ist das Kreatin in reichlicher Menge vorhanden, obwohl sonst das Ochsenfleisch eine tiefe Stelle in der Reihe des Kreatingehaltes einnimmt.

Das Fleisch der Thiere, welche mehr Muskelarbeit im Verhältniss zu ihrer Muskelmasse zu leisten im Stande sind, enthält mehr Kreatin.

Durch Ruhe — die Ursache der Fettablagerung — wird der Kreatingehalt des Fleisches vermindert. Durch Hetzen auf der Jagd — Muskelarbeit — vermehrt.

Der bewegteste Muskel des Organismus: das Herz enthält eine

Ann. Chim. phys. [3] XXIII, 129; im Auszug: Pharm. Centr. 1847, 785. 801. 817. 833; J. pr. Chem. XLIII, 281; J. pharm. [3] XII, 227. 386; theilweise: Compt. rend. XXIV, 69. 195.

grössere Menge von Kreatin als die weniger angestrengte Stammmusculatur.

Es ist klar, dass man diese Beobachtungen so erklären musste:

Die Muskelcontraction ist mit einer Vermehrung des **Kreatin's** im Muskel verbunden.

Es war dies ein Beweis dafür, dass während des Tetanus wahrnehmbare chemische Veränderungen im Muskel vor sich gingen. Damit war eine Grundlage dafür gewonnen worden, anzunehmen, dass man im Stande sein würde, durch weitere Forschung in dieser Richtung eine physikalische Grundlage für die Erzeugung der Muskelkraft in den bei seiner Stoffzersetzung, Oxydation, frei werdenden Spannkräften aufzufinden. Das Kreatin konnte ja nur als Zersetzungsproduct der Muskelsubstanz angesehen werden.

Der Weg der directen Muskeluntersuchung, den Liebig mit diesem ersten Erfolge der Forschung eröffnet hatte, war nicht der einzige, der durch ihn für die Zwecke einer Chemie des Muskeltetanus in Anregung gebracht wurde. Er hatte schon dazu die Physiologie in seiner »Thierchemie«, S. 202 ff., noch mit zwei weiteren Methoden beschenkt: mit der Methode der vergleichenden Harnstoffbestimmung und mit der Methode der Kohlensäurebestimmung der Respiration zu dem gleichen Zwecke.

Indem Liebig zu dem Satze kam, dass aller Stickstoff der im Körper umgesetzten stickstoffhaltigen Stoffe im Harne wiedererscheine, hatte er damit ein Mittel angegeben, zu untersuchen, in wie fern die Muskelarbeit mit einem Muskelstoffverbrauch, der ja stickstoffhaltige Zersetzungsproducte liefern musste, verbunden sei. Und zwar musste gerade diese Untersuchungsmethode um so einladender erscheinen, da man annehmen musste, dass Veränderungen, die in dem schwierig zu untersuchenden Muskelgewebe sich der Entdeckung vielleicht entziehen könnten, sich in ihren Endresultaten in dem verhältnissmässig leicht nach der Methode Liebig's chemisch zu untersuchenden Harne nicht allzuschwer würden auffinden lassen müssen.

Damit, dass Liebig in seinen theoretischen Betrachtungen über die thierischen Vorgänge den Zusammenhang der Kohlensäureabgabe mit dem Stoffumsatz aufs Neue stark betont hatte, hatte er auch noch auf die Methode der Untersuchung der durch die Respiration ausgeschiedenen Kohlensäuremenge als ein Mittel, den Einfluss der Bewe-

gung im Allgemeinen auf den Stoffumsatz des Organismus, und damit secundär auf den des bewegten Organes, des Muskels, zu erkennen, hingedeutet.

Er hatte mit dieser Schöpfung der Untersuchungsmethoden die Frage nach dem Einfluss der Muskelbewegung auf die chemische Constitution des Muskels und damit des gesammten Organismus im wahren Sinne des Wortes zu einer offenen gemacht. Wir werden sehen, dass man sich rüstig, hie und da wohl zu eilig, von verschiedenen Seiten an die Feststellung der geforderten Antworten auf diese Frage heranmachte. —

Es wurden von verschiedenen Forschern fast gleichzeitig alle drei erwähnte Methoden der Untersuchung, die Liebig angedeutet hatte, für die Chemie des Tetanus zu verwerthen versucht.

C. G. Lehmann [1]) machte sich zuerst an die Entscheidung des Einflusses, welchen die Muskelbewegung auf die Stickstoffausscheidung im Harne, resp. die Harnstoffausscheidung besitze.

Er kam zu dem Schlusse, dass starke körperliche Bewegung eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bedinge.

Er schied bei möglichst (?) gleichbleibender Nahrung gewöhnlich 32 Gramm Harnstoff im Tage während der Ruhe aus; nach bedeutenden körperlichen Strapazen aber 36—37 Gramm.

Die Versuche von J. Fr. Simon [2]) ergeben ebenfalls eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bei anhaltender Bewegung. Auch hier war keine vollkommene Bestimmung der Nahrungsverhältnisse gegeben.

Damit schien die Frage erledigt und das, was man als ein Vernunftpostulat angesehen hatte, schien zu einem Festbesitze der Physiologie geworden zu sein. —

Der Gedanke, die Methode der Messung der in der Respiration ausgeschiedenen Kohlensäure auch in Beziehung auf die Veränderungen der Umsatzverhältnisse im Muskel auszubeuten, wurde in hohem Grade dadurch unterstützt, dass von E. du Bois-Reymond und G. v. Liebig (Sohn) im Anschluss an die Untersuchungen von A. von Humboldt, Fontana, Tiedemann u. A. m. über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre auf die Muskel-, besonders

1) Wagner's Hwbch. d. Phys. Bd. II, S. 21; und Lehmann, Phys. Chem. Bd. I, S. 164. 1844.

2) Hdbch. d. angew. med. Chem. 1842. II, 368.

die Herzbewegung die Entdeckung gemacht wurde, dass der Froschmuskel, so lange er noch auf Elektricität reagirt, Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure dafür abgiebt, und dass ein Muskel in Stickstoff bis zum Erlöschen seiner Zuckungsfähigkeit Kohlensäure aushaucht [1]).

Auch Matteucci [2]) machte diese Beobachtung und wies besonders darauf hin, dass eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung des Muskels bei elektrischem Tetanus stattfinde.

Die Untersuchungen Valentin's [3]) über denselben Gegenstand hatten das gleiche Resultat in Beziehung auf die bisher bekannten Thatsachen. Er fand weiter, dass der Muskel auch noch nach Aufhören seiner Reizbarkeit Kohlensäure abgebe und Sauerstoff aufnehme.

Die Untersuchungen der Gesammtmenge der Kohlensäureabgabe in der Respiration unter Einfluss der Bewegung wurden vorzüglich von Scharling [4]) und Vierordt [5]) angestellt. Sie fanden beide, dass nach heftigen Bewegungen die Kohlensäureexhalation absolut vermehrt erscheint.

Prout [6]) hingegen fand zu Anfang mässiger Bewegung eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung in der Respiration, bei Ermüdung dagegen eine Abnahme; ebenso gleich anfangs eine Verminderung bei sehr starker Körperbewegung.

Séguin [7]) hatte übrigens schon nachgewiesen, dass bei starker Bewegung mehr Sauerstoff als bei schwacher consumirt werde.

Neuere Versuche bestätigten die Beobachtung der Kohlensäurevermehrung unter dem Einflusse der Muskelbewegung. —

Auch der Weg der directen chemischen Untersuchung der Muskelsubstanz unter dem Einflusse des Tetanus wurde betreten und gab einige wichtige Resultate.

E. du Bois-Reymond wies nach, dass infolge der Thätigkeit

---

1) Müller's Arch. 1850, 393; Berl. Acad. Ber. 1850, 339; Pharm. Centr. 1850, 769; Instit. 1851, 118.

2) Compt. rend. XLII, 648 ff.

3) Arch. f. phys. Heilkunde, XIV, 431 ff. 1857.

4) Berzelius Jahresbericht XXIII, 602; XXVI, 829. J. pr. Chm. XLVIII, 435; Ann. Ch. Pharm. XLV, 214 ff.

5) Arch. f. phys. Heilk. III, 536 ff.; Physiologie des Athmens, Karlsruhe 1845; Respiration, im Hwbch. d. Phys. 1844, 828 ff.

6) Schweigger's Journ. XV, 60.

7) Mémoires de l'Académie de Paris pour 1790.

des Muskels in demselben eine sauere Reaction auftrete, während der ruhende Muskel eine neutrale Reaction zeigt. Nach den Untersuchungen Liebig's — der die neutrale Reaction der frischen Muskeln bestätigte, — ist die im Muskelsafte vorhandene Säure: Milchsäure. Das von E. du Bois-Reymond beobachtete Phänomen des Sauerwerdens des Muskelsaftes bei dem Tetanus beruht demnach auf der Bildung von Milchsäure aus anderen Muskelstoffen.

Helmholtz [1]) machte die Entdeckung, dass die festen in der Fleischflüssigkeit gelösten Substanzen, welche aus dem bis zur Erschöpfung tetanisirten Muskel gezogen wurden, verschieden von denjenigen seien, welche aus dem gleichnamigen Muskel desselben Thieres, der sich in Ruhe befunden hatte, gewonnen werden können. Es war dies zeitlich der erste directe Beweis dafür, dass die Muskelcontraction wirklich von einer chemischen Veränderung der Muskelsubstanz begleitet sei. Die Untersuchung Liebig's über das Kreatin ist später angestellt. Helmholtz fand, dass im tetanisirten Muskel der in Weingeist lösliche Rückstand der Fleischbrühe gemehrt und der nur in Wasser lösliche gemindert sei.

Die weitere Entdeckung von Helmholtz [2]), dass die Muskeln bei der Contraction Wärme erzeugten, führte den Beweis, dass bei dem Tetanus nicht nur eine Stoffzersetzung, sondern eine gesteigerte Oxydation stattfinde. —

Die Idee Liebig's war gewesen, dass aller Stickstoff, der Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe des Thierorganismus entstammend, durch den Harn entleert werde. Es war dadurch wie gesagt die Harnanalyse ein Mittel geworden, etwaige Schwankungen in der Zersetzungsgrösse der stickstoffhaltigen Körperstoffe, in specie der Muskeln, wie man sie durch den Tetanus erwartete, quantitativ zu bestimmen.

Wir sahen auf diesen Gedanken Liebig's die Untersuchungen von Lehmann und Simon, die wir oben erwähnt haben, basirt.

Es ist klar, wenn der Harnstoff kein Maass des Stoffwechsels wäre in dem von Liebig aufgestellten Sinne dieses Wortes, wenn ausser der Stickstoffausscheidung durch die Nieren noch eine andere uncontrolirbare Stickstoffausscheidung des Organismus auf einem anderen Wege stattfände, so würden die Beobachtungen Lehmann's und Simon's,

1) Müller's Arch. 1845.

2) Müller's Arch. 1848.

auch wenn sie sonst allen exacten Anforderungen entsprechen würden, im Sinne der Chemie des Muskeltetanus gar Nichts zu beweisen im Stande sein. Man hatte die von den Genannten beschriebene Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harne infolge von gesteigerter Muskelbewegung bona fide auf eine Steigerung des Umsatzes gedeutet in den arbeitenden, stickstoffhaltigen Organen, den Muskeln. War der Satz Liebig's nicht stichhaltig, so fiel dieser scheinbare Beweis in Nichts zusammen; könnte ja doch die Muskelbewegung nur das Verhältniss der etwaigen gasförmigen Stickstoffausscheidung zu der Ausscheidung durch den Harn ändern und zwar zu Gunsten der letzteren. Es würde sich so, auch wenn die Beobachtungen Zutrauen verdienen würden, daraus keine Annahme einer Steigerung des Umsatzes stickstoffhaltiger Körperstoffe durch den Tetanus rechtfertigen lassen.

Der Satz, dass der Harnstoff das Maass des Stoffwechsels sei, schien wirklich zu wanken.

Scheinbar ganz genau angestellte Versuche über Ernährung ergaben stets ein Deficit in der Stickstoffausscheidung durch die Nieren verglichen mit der Stickstoffaufnahme durch die Nahrung.

Am exactesten erschienen die Untersuchungen von Barral [1]) an sich selbst, und die Beobachtungen von Th. L. W. Bischoff [2]). — Beide Autoren fanden ein Stickstoffdeficit. Ebenso Bidder und Schmidt [3]); — für eine Katze schien sich ein Gleichgewicht herausgestellt zu haben, eine Beobachtung, die jedoch ganz vereinzelt stand.

Dazu kam, dass Regnault und Reiset [4]) in ihren Untersuchungen über das Athmen der Thiere dem Stickstoffdeficit im Harne entsprechend in manchen Fällen eine Abgabe von Stickstoff durch die Respiration, in andern freilich wieder eine Aufnahme von gasförmigem Stickstoff durch den Organismus verzeichnet hatten.

Matteucci und Valentin hatten in den bereits erwähnten Versuchen über Kohlensäureabgabe des Muskels auch eine Stickstoffausscheidung desselben nachgewiesen haben wollen; nur der letztere

1) Ann. ch. phys. [3] XXV, 129; J. pr. Chem. XLVIII, 257. Die Schlussfolgerungen auch: Compt. rend. XXVII, 361; Pharm. Centr. 1848, 929.

2) »Harnstoff als Mass des Stoffwechsels.« 1853.

3) »Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel.« 1852.

4) Ann. ch. phys. [3] XXVI, 299; Ann. Ch. Pharm. LXXIII, 92. 129. 257; die Schlussfolgerungen: J. pharm. [3] XVI, 297; Pharm. Centr. 1849, 683.

dachte daran, dass bei dieser Beobachtung vielleicht ein Versuchsfehler vorliegen könnte.

In den Gesammtrespirations-Untersuchungen Valentin's [1]) finden wir eine Rubrik: Stickstoffüberschuss und Beobachtungsfehler. Der Stickstoffüberschuss ist als durch die Athmung geliefert angenommen.

Wenn sich diese Beobachtungen, von denen ich nur die wichtigsten angeführt habe, bewahrheiten sollten, so fiel dadurch die Methode der Stickstoffbestimmung im Harne als ein Anhaltspunct für die Beurtheilung der Zersetzungsgrösse der stickstoffhaltigen Körperstoffe.

Inzwischen fanden die Beobachtungen von Lehmann und Simon neue Bestätigung durch H. Beigel [2]) und W. Hammond [3]), noch etwas später auch von Genth [4]).

Diese Bestätigungen waren schon dadurch werthlos, dass der Nachweis, dass kein Stickstoff durch die Respiration ausgeschieden würde, nicht geführt war.

Aber noch aus einem ganz anderen Grunde sind alle bisher genannten Stoffwechseluntersuchungen und die auf dieselben basirten Schlüsse werthlos.

Vor den Ernährungsversuchen von Th. L. W. Bischoff und C. Voit [5]) hatte kein Untersucher wirklich genaue, exacte Versuche in dieser Richtung angestellt. Alles was bis dorthin auf dem hier zur Frage kommenden Gebiete gearbeitet war, wurde durch die von ihnen angewandte Sorgfalt gründlich entwerthet. Nur nach ihrer Methode können in Zukunft noch derartige Untersuchungen angestellt werden.

Sie haben gezeigt, dass das bisher so oft behauptete Stickstoffdeficit in den Excreten nicht existirt. Dadurch wurde der Satz Liebig's auf Grundlage wirklicher, exacter Forschung nicht rehabilitirt sondern in Wahrheit erst neu gewonnen: der Stickstoff in den Excreten ist ein Maass der Umsetzung der stickstoffhaltigen Körperstoffe.

---

1) »Die Einflüsse der Vaguslähmung auf die Lungen- und die Hautausdünstung.« 1857.

2) »Untersuchungen über den Harn und Harnstoffmengen«, in den Verhandlungen d. k. Leopold. Acad. d. Naturf. Bd. 25. Abthl. I, 477. 1855.

3) Americ. Journ. Jan. 1855.

4) »Untersuchungen über den Einfluss des Wassertrinkens auf den Stoffwechsel«, Wiesbaden 1856.

5) »Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers.« 1860.

In richtiger Würdigung der Verhältnisse nahm C. Voit die Untersuchungen Lehmann's von neuem auf[1]; sie erwiesen sich vor seiner exacten Experimentalkritik nicht nur als im Principe fehlerhaft angestellt, auch ihr Resultat, das ja trotzdem hätte richtig sein können, zeigte sich als nicht stichhaltig.

C. Voit hat den sichern Beweis geführt, dass die Vermehrung der Stickstoff-, resp. Harnstoffausscheidung, die bisher infolge der Muskelarbeit behauptet worden war, nicht existirt.

Er hat nachgewiesen, dass im Grossen und Ganzen die Stoffzersetzung des Organismus nur sich richte nach dem in ihm gleichzeitig vorhandenen zersetzbaren Material.

Es war damit gezeigt, dass die Chemie des Tetanus in Beziehung auf die grossen Stoffwechselvorgänge — die Stickstoffausscheidung wenigstens — noch nicht über den in den ersten Zeilen dieser Darstellung mit den Worten Magendie's geschilderten Standpunct hinausgekommen sei.

Auch die bisherigen Beobachtungen über die Vermehrung der Kohlensäureabgabe durch die Respiration, gleichfalls ohne die nöthigen Cautelen angestellt, wurden schwankend. Konnten sich doch vielleicht auch hier uncontrolirte Nahrungseinflüsse geltend gemacht haben.

Von Allem bisher gewonnenen blieb Nichts, um als Grundlage für eine mechanische Erklärung der Arbeitsleistung des Muskels zu dienen, als die an dem Muskel selbst gewonnenen Resultate.

Darunter kann aber selbstverständlich die Beobachtung von Helmholtz über die Erwärmung des Muskels durch den Tetanus nicht gerechnet werden. Sie beweisen zwar eine gesteigerte Oxydation in dem arbeitenden Muskel, aber Nichts weiter. Die durch die Oxydation frei werdenden Spannkräfte werden in diesem Falle ja nicht zu mechanischen Leistungen des Muskels sondern eben nur zu seiner Erwärmung verwendet.

Bestehen blieb nur:

1. Infolge des Tetanus verwandelt die bei Ruhe neutral reagirende Muskelsubstanz ihre Reaction in eine sauere. E. du Bois-Reymond.

2. Muskelarbeit scheint die Kreatinmenge im Muskel zu vermehren. J. v. Liebig.

---

1) »Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel.« 1860.

3. Die relativen Verhältnisse der Extractivstoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel sind verschieden. Es findet sich bei dem letzteren eine Vermehrung des Alkoholextractes und Verminderung des Wasserextractes. Helmholtz.

4. Der Muskel giebt während des Tetanus mehr Kohlensäure an die Atmosphäre ab als in der Ruhe. Valentin u. And. —

So war der Stand der Frage, als ich im November 1860 die gegenwärtige Untersuchung begann.

Es sind während dieser Zeit eine Reihe von neuen Beobachtungen auf diesem Gebiete gemacht worden, die ich, soweit sie meine eigenen Untersuchungen berühren, an den betreffenden Stellen mittheilen werde.

Am wichtigsten sind unter diesen jedenfalls die Entdeckung eines wahren Zuckers im Muskel von Meissner und die sichere Bestätigung der Liebig'schen Beobachtung der Vermehrung des Kreatins im Muskel infolge der Arbeitsleistung von Sarokow.

Mein Plan war, die gesammte Frage in ganzer Ausdehnung einer erneuten Bearbeitung zu unterwerfen. Das damals von mir als Richtschnur für die anzustellenden Versuche aufgeschriebene Versuchsschema trägt die Ueberschrift: »Die Lebenseigenschaften des Muskels als Functionen seiner chemischen Stoffverhältnisse. —

Die Untersuchung, wie sie hier vorliegt, zerfällt in 3 Abschnitte:

1. In die Untersuchung des Muskels und seiner chemischen Veränderungen durch den Tetanus.

2. Untersuchung des Einflusses der Muskelbewegung auf die Chemie des Gesammtorganismus. Es finden hier einige Beobachtungen über den Einfluss des Blutes auf den Muskel und seine Functionen ihre Stelle, ausserdem die Beobachtungen über die Einwirkung der Muskelarbeit auf die Ausscheidung des Kohlenstoffes und Stickstoffes des Organismus. Diese Arbeit wurde dadurch complicirt, dass zuerst für das verwendete Versuchsobject: den Menschen, festgestellt werden musste, dass für ihn das gefürchtete Stickstoffdeficit nicht existirt.

3. Untersuchungen über die chemischen Grundlagen der Lebenseigenschaften des Muskels im Einzelnen. Hier finden Beobachtungen über die Ursachen der Ermüdung, der Leistungsfähigkeit etc. etc. ihre Stelle.

Anhang.

Geschichtliche Bemerkungen über die bisherigen Versuche der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes der thierischen Gewebe. —

Das erste Capitel der Untersuchungen enthält vergleichende galvanische Leitungswiderstandsbestimmungen des lebenden und todten, des geruhten und tetanisirten Muskels. Es scheint mir zweckmässig die bisherigen Leistungen auf diesem Gebiete kurz darzustellen. —

Bei der Fragestellung der Forscher handelte es sich bisher darum, zu entscheiden, ob die thierischen Gewebe, besonders Muskeln und Nerven, vielleicht eine specifische Eigenschaft in Beziehung auf das Leitungsvermögen besässen.

Obwohl schon das letzte Dritttheil des vergangenen Jahrhunderts [1]) es erkannt hatte, dass die thierischen und pflanzlichen Gewebe ihr Leitungsvermögen nur dem in ihnen enthaltenen Wasser verdanken, und dass ihr Leitungsvermögen dem der Metalle bei weitem nachstehe, scheute man sich doch bis in unsere Zeit, auch die Muskeln und Nerven einfach in die Classe der feuchten Leiter einzuregistriren.

Der Gedanke der Identität des hypothetischen Nervenprincipes mit der Elektricität schien als ein unbedingtes Postulat zu fordern, dass die Nerven zu dem Zwecke ihrer Thätigkeit ein besonders gutes Leitungsvermögen für Elektricität, wenigstens ein bei weitem besseres als die übrigen thierischen Gewebe besitzen müssten.

Bestärkt wurde diese Meinung noch durch die Autorität eines Forschers wie Ritter[2]), der aus der Thatsache, dass die thierischen Flüssigkeiten ziemlich viel besser als reines Wasser leiten, ihnen ein höheres Leitungsvermögen als selbst einer Kochsalzlösung zuschrieb.

Jedoch im Anfange unseres Jahrhunderts (1805) schon wurde der Wahn von dem besonderen Leitungsvermögen der Nerven gegenüber

---

1) S. die Literatur über diesen Gegenstand bei du Bois-Reymond, Thierische Electricität Bd. II. Abth. II. S. 189 ff.

2) Beiträge Bd. I. St. 3. 4. S. 263.

den anderen thierischen Geweben von Heidmann zurückgewiesen, welche Angabe 1830 durch Person nochmals Bestätigung fand[1].

Hierher gehören auch die Untersuchungen, die in Gemeinschaft mit Jolly von Th. L. W. Bischoff angestellt wurden und die, obwohl die genannten Forscher früher auf Grund angestellter Versuche zu der Ansicht eines guten Leitungsvermögens der Nerven[2]) geführt worden waren, ebenfalls das geringe Leitungsvermögen der Nerven bestätigten[3]).

Von den uns hauptsächlich interessirenden Untersuchungen Matteucci's soll noch unten geredet werden.

Obwohl uns für die vorliegende Frage die vielfältig angestellten Versuche, den Leitungswiderstand des lebenden menschlichen Körpers zu bestimmen, weniger direct interessiren, so halte ich es doch für nöthig, wenigstens einige Hauptresultate dieser Untersuchungen zu erwähnen. Das Resultat Volta's, Humboldt's und Ritter's, dass die Oberhaut des menschlichen Körpers den hauptsächlichen Widerstand in demselben für den elektrischen Strom darstelle[4]), interessirt uns in so fern, als es sich daraus ergiebt, dass Wasserverlust, welcher die Oberhaut hauptsächlich vor den übrigen Geweben charakterisirt, das Leitungsvermögen sehr bedeutend herabzusetzen vermag. Es wird sich in der Folge zeigen, wie diese Beobachtung zu den von mir angestellten in Beziehung tritt.

Aus den Untersuchungen von Lenz und Ptschelnikoff[5]) interessirt uns das Resultat, dass der Leitungswiderstand jüngerer Personen bedeutend grösser sei als der erwachsener Männer.

Neben der Ansicht du Bois-Reymond's, der diese Erscheinung aus dem muthmasslich kleineren Querschnitt der Finger der jüngeren Personen ableitet, da beim Durchgang des Stromes von Finger

---

1) du Bois-Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abth. II. S. 191.

2) Müller's Arch. 1838. S. 193. — Jolly in Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel den 12., 13., 14. September 1838. S. 121.

3) Müller's Arch. 1841. S. 20.

4) A. v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Bd. I. S. 152 ff. 204. 319.

Ritter, Beiträge u. s. w. Bd. I. St. 3. 4. S. 258. 259. 262.

du Bois Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abth. II. S. 191.

5) Poggendorff's Annalen 1842. Bd. LVI. S. 429.

zu Finger, nächst der Oberhaut, doch gewiss die Finger es sind, die den grössten Widerstand darbieten, scheint mir eine andere Ansicht, die dies Verhältniss noch ausserdem von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung eines jugendlichen und eines im kräftigen Mannesalter stehenden Individuums abzuleiten sucht, nicht unberechtigt. Der grössere Wassergehalt der jugendlichen Gewebe, dem kein vermehrter Salzgehalt zu entsprechen scheint, würde wohl direct einen grösseren Leitungswiderstand bedingen; wir werden im Folgenden sehen, dass der grössere Leitungswiderstand des Froschmuskels gegenüber dem Säugethiermuskel zu derselben Erklärung drängt.

Die Widerstandsmessungen des menschlichen Körpers von Pouillet fallen in das Jahr 1837 [1]).

Die wichtigsten Fundamentalversuche über die Leitungsverhältnisse des lebenden menschlichen Körpers sind von E. Weber in seinen »Quaestiones physiologicae de phaenomenis galvano-magneticis in corpore humano observatis« 1836 niedergelegt.

Er verglich den in Frage stehenden Widerstand mit dem des reinen Wassers und wir verdanken ihm so die bisher einzigen absolut messenden Versuche, deren Resultat es war, dass der lebende Körper 10—20 mal besser als destillirtes Wasser leite; die Polarisation wurde hiebei nicht berücksichtigt.

Das scheinbare theoretische Postulat, dass die in Frage stehenden thierischen Theile, besonders die Nerven, deren Function man in der Leitung der Elektricität suchte, ein besonders gutes Leitungsvermögen besitzen müssten, um die Fortpflanzung der elektrischen Ströme zu erleichtern, war durch alle diese Versuche zurückgewiesen.

Matteucci's Untersuchungen [2]) brachten nichts Neues und sind überdies nach einer Methode angestellt, welche fast jede Garantie für die Richtigkeit der mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate entbehrt. Ich verweise an dieser Stelle auf die Kritik du Bois-Reymond's, zu der mir Nichts hinzuzufügen bleibt [3]). Matteucci arbeitete nach seiner Angabe mit frischen thierischen Geweben von einem eben geschlachteten Kaninchen, doch steht Nichts fest, ob die Lebenseigen-

1) Compt. rend. 22. Mai 1837. IV. S. 791.
2) Compt. rend. 1843.
3) Untersuchungen über thier. Electricität. Bd. II. S. 246.

schaften noch vorhanden gewesen. Das in Folgendem mitgetheilte Resultat seiner Untersuchung scheint mir, wie später erhellen wird, wenn wir ihm eine relative Richtigkeit zuschreiben, dagegen zu sprechen.

Pag. 47 der oben citirten Untersuchung heisst es wörtlich:

»La conductibilité du muscle est très-supérieure à celle des nerfs, de la moëlle et du cerveau, qui ne diffèrent pas beaucoup entre elles. La différence de conductibilité entre la substance musculaire et les autres est de 4 à 1.«

C. Eckhard beschäftigte sich in seinen Untersuchungen über den galvanischen Leitungswiderstand der thierischen Gewebe[1]) mit der Frage nach den Unterschieden in der Leitungsfähigkeit zwischen den einzelnen Geweben. Er kommt zum Schlusse, dass die Muskelsubstanz ungefähr im Mittel zweimal besser leite als Sehne, Knorpel und Nerve, die unter sich wenig in ihrer Leitungsfähigkeit abwichen.

Eckhard arbeitete mit Muskeln, deren Todtenstarre sich wieder gelöst hatte, da es für die ingeniöse Methode, der er sich zu den Bestimmungen bediente, nöthig war, den zu untersuchenden Muskel in einem Zustande anzuwenden, in dem er keinen weiteren Formveränderungen durch innere Ursachen ausgesetzt war. Es wird sich später herausstellen, dass durch die angegebene Vermeidung einer Fehlerquelle in den etwaigen Formveränderungen sich eine andere wohl bedeutendere eingeschlichen hat.

So wenig Licht die bisher citirten Untersuchungen über die physiologische Seite der Frage verbreiten, so eingreifend sind die Beobachtungen du Bois-Reymond's über diesen Gegenstand.

Er ist, so viel mir bekannt, bisher der Einzige, der sich mit der Frage, ob die verschiedenen Zustände des lebenden Muskels von Einfluss auf seine Leitungsfähigkeit seien, beschäftigte[2]), der Einzige, der den Leitungswiderstand des lebenden Muskels in den Kreis seiner Beobachtungen zog.

Die Frage, welche du Bois-Reymond in den angeführten Untersuchungen zu beantworten strebte, war direct diese, ob die negative Schwankung des Muskelstromes etwa sich ableiten lasse von einer Ver-

1) Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. I. Abhdlg. III. 1858.

2) Thierische Electricität. Bd. II. Abth. I. S. 74 ff.

änderung des Leitungswiderstandes des contrahirten Muskels gegenüber dem des ruhenden.

Die beiden Resultate seiner Untersuchung interessiren uns für unsere Frage direct, so dass ich genöthigt bin, auf sie einzugehen.

Er weist nach:

1) Eine Gestaltveränderung des Muskels wie die bei der Contraction auftretende vermag nur eine Zunahme des Leitungswiderstandes zu bedingen und bedingt diese auch wirklich.

Er verweist a. a. O. S. 79 neben von ihm angestellten direct beweisenden Versuchen auf die Anschauung, welche leicht lehrt, dass für einen in der Richtung der Axe fliessenden Strom von allen Rotationskörpern von gleichem Rauminhalte und gleicher Axenlänge der Cylinder der Körper von geringstem Widerstande sei. Annäherung an die Walzenform bei gleicher Masse und Länge wird demnach Verminderung, fernere Abweichung von derselben Zunahme des Widerstandes zur Folge haben.

Gerade das Letztere ist aber der Fall bei Zusammenziehung, sowie die Entfernung der Endpuncte des Muskels festgestellt ist, ohne dass zugleich dieser Abstand so gross gewählt worden wäre, dass er eine alle weitere Gestaltveränderung aufhebende Spannung mit sich bringt.

2) Bei Ausschluss der Gestaltveränderung (S. 82) bleibt nach den Versuchsergebnissen kein Ausweg, als sich vorzustellen, dass eine leichte Verminderung des eigenthümlichen Widerstandes der Muskelsubstanz die Zusammenziehung begleite.

Die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung lässt du Bois unerörtert und weist nur den Gedanken zurück, dass es sich hier um ein Phänomen handele, welches sich aus der Verdichtung der Muskelsubstanz, wie sie, wenn auch in sehr geringem Grade, bei jeder Construction auftritt, erklären lasse. Dieser Annahme steht, ausserdem dass es noch nicht thatsächlich ausgemacht ist, dass die Zusammendrückung der feuchten Leiter überhaupt einen Einfluss auf ihren Widerstand äussere, noch die theoretische Betrachtung entgegen, die es äusserst unwahrscheinlich macht, dass, wenn überhaupt die Verdichtung der Elektrolyte von Einfluss auf ihren Leitungswiderstand sein sollte, dieser in einer Verbesserung des Leitungsvermögens bestehen könnte, da Faraday bekanntlich nachgewiesen hat, dass die Elektrolyte beim Uebergang in den festen Zustand sich in Nichtleiter verwandeln.

Die von Helmholtz bestimmte Erwärmung des Muskels muss bei seiner Zusammenziehung das Leitungsvermögen desselben etwas herabsetzen, da ja der begünstigende Einfluss der Erwärmung auf den Leitungswiderstand der feuchten Leiter von Ohm auf das sicherste nachgewiesen ist. Doch wird die stattfindende Herabsetzung des Leitungswiderstandes durch den geringen Grad der stattfindenden Temperaturerhöhung, $0,1^0$ bis $0,2^0$ C, sicher nicht ausreichen, um das von du Bois-Reymond gesehene Phänomen zu erklären[1]), wie dies du Bois-Reymond a. a. O. selbst bespricht.

So weit reichen die mir bekannten Angaben der physiologischen Literatur. Zu ihnen kamen für mich vor dem Beginne meiner Untersuchung noch mündliche Mittheilungen des Herrn Professors E. du Bois-Reymond hinzu. Sie betreffen zwei Puncte:

1) Der Widerstand des Muskels wird durch Kochen bedeutend vermindert, ebenso der der pflanzlichen Gewebe.

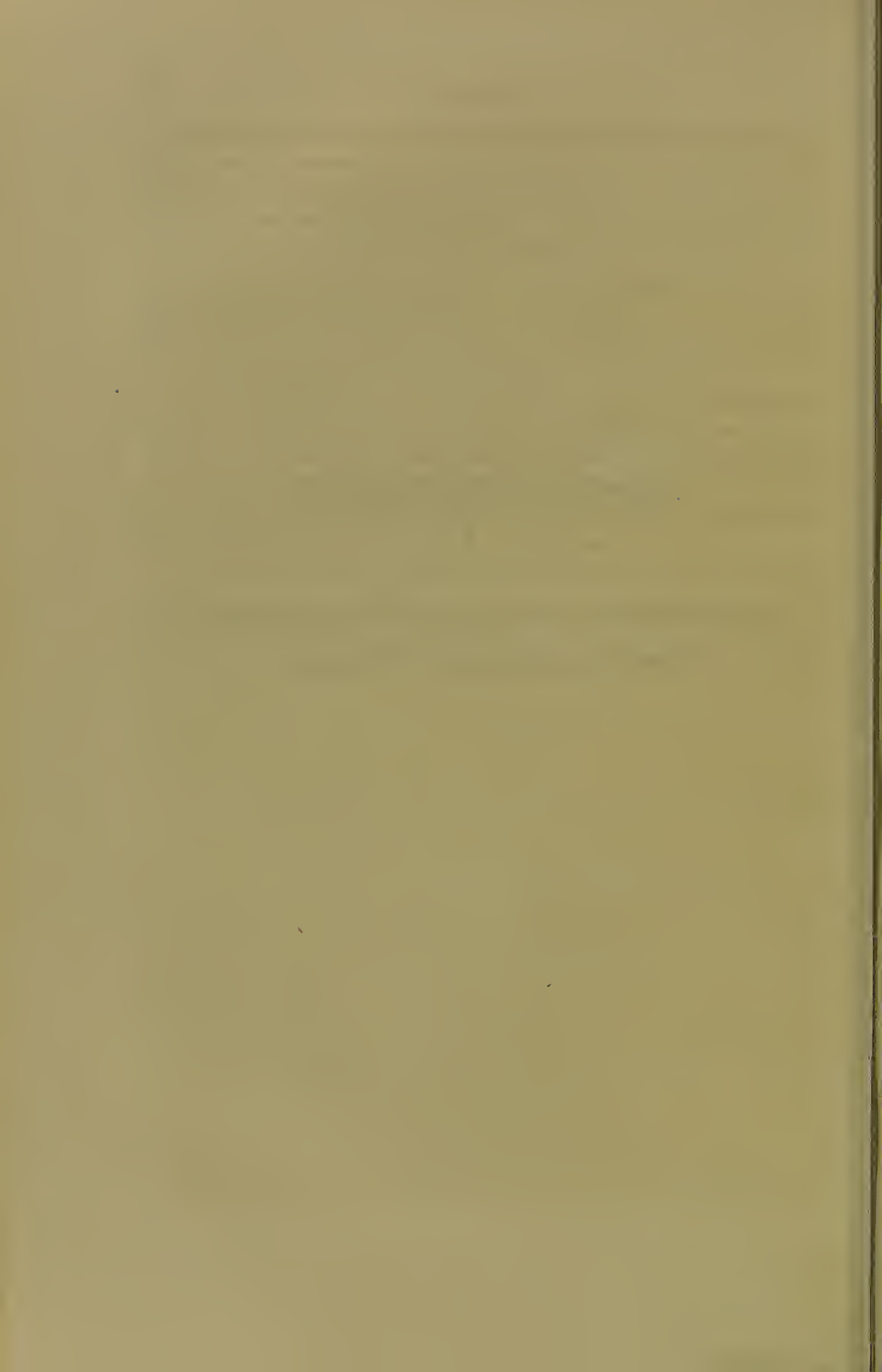
2) Das Eiereiweiss verändert seinen Widerstand beim Gerinnen nicht.

---

1) du Bois-Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abtheil. II. S. 354.

ERSTER ABSCHNITT.

Der Einfluss des Tetanus auf die chemische Zusammensetzung der Muskeln.



Erstes Capitel.

Der galvanische Leitungswiderstand des Muskels in seinen Beziehungen zur Muskelchemie und zur Chemie des Tetanus.

---

§ 1.

Vorbesprechung.

Es ist meine Absicht, einen, ich möchte sagen, historischen Gang bei der Darstellung meiner Resultate und Versuche einzuhalten; so wie sich mir nach und nach selbst die Fragen ergaben, sie hinzustellen, und zu zeigen, welche Antworten und welche neue Aufgaben für die Forschung die angestellten Experimente mir brachten. Ich hoffe auf diese Weise am leichtesten den Leser in den Sinn der Versuche einzuführen und vielleicht einiges Interesse an denselben zu erwecken.

Darum stehen die Versuche über den galvanischen Leitungswiderstand des Muskels in seinen physiologischen Zuständen an der Spitze der Darstellung. Waren es doch diese, welche mich zu den ersten Resultaten über die Veränderung der Muskelsubstanz durch den Tetanus geführt haben, auf deren Grundlage ich weiter gebaut habe.

Herr Professor E. du Bois-Reymond hatte mich aufgefordert, seine Beobachtung über die Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels durch Kochen weiter zu prüfen. Dadurch wurde ich auf die Untersuchung der Muskelsubstanz hingeführt. Die ersten Beobachtungen, die ich auf eine chemische Veränderung der Muskelsubstanz durch fortgesetzte Contractionen beziehen musste, hatten sich mir schon ergeben und damit mein Entschluss, den chemischen Processen während der Muskelcontraction nachzuforschen, als meine Erstlingsuntersuchung, die ich das Glück hatte, unter der sorgfältigen Leitung der Herren Professoren Bischoff, Pettenkofer und Voit anstellen zu können, zum Druck kam. Meinen Gedanken, sie in dem Sinne einer Chemie des Muskeltetanus zu verwerthen, drückte ich in dem für dieselbe von mir gewählten Titel aus: »Kohlenstoff- und Stickstoffaus-

scheidung des ruhenden Menschen«. Nur diese Beobachtungen haben nicht die Stellung in der Darlegung der Untersuchung, welche sie der Zeit nach einnehmen sollten.

Gehen wir sogleich in die Mitte der Sache.

§ 2.

Methode der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes.

Die Methode, welcher ich mich zur Messung des Widerstandes bediente, war die dem Principe nach von Wheatstone angegebene, welche Wiedemann beschreibt[1]).

Es kamen hiebei folgende Apparate zur Anwendung:

1) Der Nervenmultiplicator, welcher jedoch nur in halber Länge und mit einer Nebenschliessung von Neusilberdraht benutzt wurde, wie dies durch die von Sauerwald seinen Multiplicatoren in neuerer Zeit beigegebenen Commutatoren ermöglicht ist.

2) Ein Rheochord, welches nur aus einem feinen dicht über eine mit einer Scala versehene Leiste gespannten Platindraht bestand.

Die Scala betrug 150 CM. und gestattete noch 0,1 CM. mit Sicherheit abzulesen. Der Rheochorddraht war an beiden Enden je mit zwei Klemmschrauben verbunden. Auf dem Drahte konnte nach Kirchhoff's Angabe ein hölzerner durch Ausgiessen mit Blei beschwerter Schieber verschoben werden, dessen Kopf mit einer Kupferplatte versehen war, welche an ihrem untern Rande, mit dem der Schieber auf dem Rheochorddrahte stand, eine Platinkante, an dem oberen eine Klemmschraube trug.

3) Ein Siemens'scher Rheostat nach älteren preussischen Meilen Telegraphendraht getheilt.

Der Widerstand einer preussischen Meile Telegraphendraht ist nach den Angaben von Siemens und meinen Messungen = 64 Siemens'schen Widerstandseinheiten. Eine Siemens'sche Einheit ist bekanntlich 1 Mtr. Quecksilber von 1 □M.M. Querschnitt bei 0^0 C.

Der Rheostat erlaubte von 1—99 Meilen Telegraphendraht Widerstand einzuführen.

4) Die gewöhnliche unpolarisirbare du Bois'sche stromzuführende Vorrichtung, welche wohl isolirt in einer feuchten Kammer stand.

---

1) Galvanismus Bd. I. S. 161 ff.

5) Der benutzte Strom wurde durch ein Daniell'sches Element erzeugt.

Die Drahtleitungen, welche die im Vorstehenden genannten Apparate unter einander verbanden, waren folgende:

1) Der eine Pol des Elementes war mit der einen Klemmschraube des einen Endes des Rheochordes, der andere Pol mit der einen Schraube des anderen Endes verbunden.

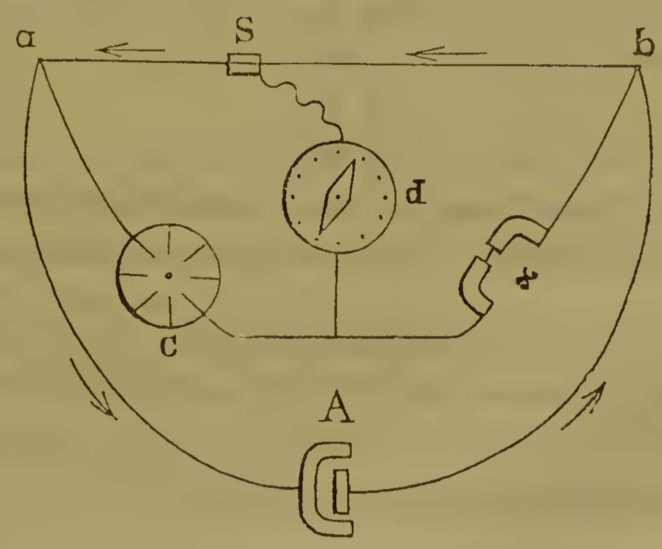
2) Von dem einen Ende des Rheochordes führte mittelst der zweiten noch unbenutzten Klemmschraube ausserdem eine Leitung zu dem Siemens'schen Rheostaten; auf gleiche Weise von dem anderen Ende zu der stromzuführenden Vorrichtung.

3) Zwischen dem Siemens'schen Rheostaten und der stromzuführenden Vorrichtung bestand noch eine Verbindung durch zwei Drähte, welche sich in einer freistehenden Klemmschraube vereinigten.

4) Von der eben erwähnten Klemmschraube führte noch überdies eine Leitung zu dem einen Ende des Multiplicators, das andere Ende desselben verband ein Draht mit der Klemmschraube des obenbeschriebenen Rheochordschiebers.

Alle Leitungsdrähte waren frisch umsponnen und wohl isolirt. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, dieselben, ohne dass sie sich oder den Boden berührten, durch Luft zu führen. Die Durchtrittsstellen der Leitungsdrähte durch den Boden der feuchten Kammer zu der stromzuführenden Vorrichtung waren im Holze durch Glas, aussen durch Kautschuk wohl isolirt.

Beistehende schematische Zeichnung wird den Ueberblick erleichtern.



Die Bezeichnung derselben ist folgende:

1) A Daniell mit der Leitung zum Rheochord.

2) a — b das Rheochord.

3) c der Rheostat mit seinen Verbindungsdrähten und dem Schieber S.

4) x die stromzuführende Vorrichtung mit dem Körper, dessen Widerstand gemessen werden soll, und den Leitungsdrähten.

5) d die Brücke mit dem Multiplicator.

Die Verhältnisse leuchten auf den ersten Blick ein: wir haben ein einfaches Wheatstone'sches Stromnetz vor uns.

Der Schieber S der schematischen Figur erlaubt es, die Verbindungsstelle der beiden Hauptstromarme sowohl rechts als links nach Willkür auf jede Stelle des Drahtes zu verlegen. Die Länge der auf diese Weise abgeschnittenen Drahtstücke kann an der Scala direct abgelesen werden.

Jeder Strom in der Brücke wird durch Bewegung der Multiplicatornadel angezeigt.

Um einigen theoretischen Bedenken gegen die angewendete Methode gerecht zu werden, muss ich, trotzdem dass ich eine allgemeine Bekanntschaft mit derselben voraussetze, einiger Hauptsätze über das Verhältniss einer Stromverzweigung wie die vorliegende wenigstens Erwähnung thun.

Denken wir uns den Schieber auf irgend einem beliebigen Puncte des Drahtes fixirt und die Widerstände in den einzelnen Abschnitten der Leitung, in

$$A = \mathbf{W}_A$$
$$a = W_a$$
$$b = W_b$$
$$c = W_c$$
$$x = W_x$$
$$d = W_d$$

so wird, wie sich dies direct aus den Kirchhoff'schen Formeln ergiebt, der Strom in der Brücke um so intensiver werden, je grösser die Differenz

$$W_c \cdot W_b - W_x \cdot W_a$$

je kleiner der Widerstand der Brücke W_d und je kleiner der Widerstand $\mathbf{W}_A$ ist [1]).

1) Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. S. 134 ff.

Soll der Strom in der Brücke verschwinden, so muss

$$W_c \,.\, W_b - W_x \,.\, W_a = 0$$

sein, d. h.:

$$W_c \,.\, W_b = W_x \,.\, W_a$$

oder:

$$W_a : W_b = W_c : W_x.$$

Dadurch, dass wir im Stande sind, durch die Verstellung des Schiebers dem Verhältnisse $W_a : W_b$ jeden beliebigen Werth zu ertheilen, werden wir stets im Stande sein, den Strom in der Brücke $= 0$ zu machen.

Wir haben dann zur Bestimmung des gesuchten Widerstandes die Gleichung mit einer Unbekannten;

$$\frac{W_c}{W_x} = \frac{a}{b}$$

$$W_x = \frac{b}{a} \cdot W_c$$

$\frac{b}{a}$ ist das Verhältniss der abgeschnittenen Längen des Rheochorddrahtes, W_c der bekannte Widerstand des zum Vergleich dienenden Rheostaten.

Bei dieser Rechnung vernachlässigen wir den Widerstand der Drahtleitung, welche den Rheostaten mit dem untersuchten Körper und dem Rheochorde verbindet. Da der Draht, welcher zur Verbindung diente, möglichst dick und kurz genommen wurde, so war schon a priori wahrscheinlich, dass diese Vernachlässigung unbedenklich geschehen dürfte, da der Widerstand der in Frage kommenden Leitung gegen die enorm grossen Widerstände, um welche es sich in der vorliegenden Untersuchung nun handelt, gewiss als verschwindend angenommen werden dürfte.

Abgesehen von diesem Bedenken sprangen noch zwei Einwürfe gegen die Methode sogleich in die Augen, die beseitigt sein mussten, ehe ich entscheiden konnte, inwieweit die angegebene Vorrichtung als Messapparat ihrem Zwecke entsprach.

Erstens fragte es sich, abgesehen von der schon erwähnten Vernachlässigung des Widerstandes der Drahtleitungen zwischen Rheostaten und untersuchtem Körper, ob der Widerstand der Brücke mit dem eingeschalteten halben Multiplicator und der Neusilbernebenschliessung,

die nöthig war, um die allzugrosse Empfindlichkeit der Magnetnadeln etwas abzuschwächen, nicht vielleicht für den angestrebten Zweck zu gross sei. Die theoretische Betrachtung erfordert ja, wie schon oben angegeben, für die Brücke, um die grösstmögliche Empfindlichkeit der Methode zu erzielen, den möglichst kleinen Widerstand. Der in unserer Vorrichtung bestehende Brückenwiderstand war sicher nicht klein. Es fragte sich, ob dieses Moment nicht störend sich geltend machen würde.

Zweitens war a priori auch darüber keine Entscheidung möglich, ob die bei den bestehenden Verhältnissen einem Daniell entsprechende Intensität des Hauptstromes für unseren Zweck, der theoretisch die grösstmögliche Intensität verlangt, ausreichen würde.

Nur durch praktische Prüfung der Methode konnte über diese Fragen Aufschluss erhalten werden.

Der zum Zwecke dieser Prüfung angestellte Versuch mag als Schema für die im Künftigen zu besprechenden Versuche dienen. Um mich bei der Beschreibung der folgenden Untersuchungen möglichst kurz fassen zu können, werde ich an dieser Stelle den Verlauf der angestellten Widerstandsmessung eingehend besprechen.

Vorversuch.

Bestimmung des Widerstandes des du Bois-Reymond'schen Rheochordes.

In die Abtheilung x — siehe das Schema — unserer Vorrichtung wurde das du Bois-Reymond'sche Rheochord eingeschaltet.

Als Vergleichswiderstand dienten 9 Meilen Telegraphendraht von der ganzen Länge des Rheostaten, der es, wie gesagt, erlaubte, 99 Meilen Widerstand einzuführen.

Die Nadel machte äusserst heftige Bewegungen, kam aber zur Ruhe, als der Schieber auf 15,7 CM. der Scala des oben beschriebenen einfachen Rheochordes stand.

Da der Anfang der Scala von der Brücke aus auf derselben Seite liegt, auf welcher der zu messende Widerstand eingeschaltet ist, so giebt der Scalenpunct, auf welchem der Schieber steht, wenn der Multiplicator keinen Strom in der Brücke mehr anzeigt, die Länge b in unserer schematischen Zeichnung direct an.

Die Differenz zwischen dieser Länge und 150 CM., der ganzen Länge des Rheochordes, ist dann gleich der Länge a.

W_c ist in dem speciellen Falle = 9 Meilen Telegraphendraht.

Wir haben demnach nach unserer Formel:

$$W_x = \frac{b}{a} \cdot W_c$$

$$W_x = \frac{15,7}{134,3} \cdot 9 =$$

1,03 Meile Telegraphendraht als Widerstand des du Bois-Reymond'schen Rheochordes.

Die Einrichtung des eingeschalteten Vergleichswiderstandes erlaubte, dies Resultat zu controliren. Schaltet man nämlich eine andere als die obige Anzahl von Meilen Telegraphendrahtes als Vergleichswiderstand ein, so musste der Schieber des Rheochordes ebenfalls eine veränderte Stellung einnehmen, um den Strom in der Brücke verschwinden zu lassen. Das Resultat durfte jedoch dadurch nicht geändert werden.

Zu diesem Zwecke wurden 5 Meilen Telegraphendraht als Vergleichswiderstand eingeschaltet.

Die Nadel kam zur Ruhe als der Schieber auf 25,9 CM. stand.

Wir haben demnach:

$$W_x = \frac{25,9}{124,1} \cdot 5 =$$

1,04 Meile Telegraphendraht.

Das Resultat stimmt.

Als dritter Versuch wurde nur eine Meile Telegraphendraht benutzt. Es war:

$$W_x = \frac{76,2}{73,8} = 1,03 \text{ Meile.}$$

Die Resultate stimmen auf das Vollkommenste unter einander überein. Wir sehen, dass die Vorrichtung ihrem Zwecke in ganzer Ausdehnung entspricht, und dass sich die theoretisch aufgeworfenen Bedenken als beseitigt ansehen lassen. Schon bei einem verhältnissmässig so kleinen Widerstand wie der hier gemessene, der gegen die Widerstände, die in der Folge gemessen werden sollen, als verschwindend angesehen werden darf, kann der Widerstand der Drahtleitung zwischen

den Apparaten vernachlässigt werden. Auch das theoretische Bedenken gegen die Empfindlichkeit der Methode, wegen des verhältnissmässig grossen Brückenwiderstandes und der kleinen Intensität des primären Stromes hat sich als ungegründet für die praktische Ausführung der Messung herausgestellt.

Nach Beseitigung der angeführten theoretischen Schwierigkeiten war es nöthig, die Art, auf welche der Strom am besten durch den zu untersuchenden Körper geleitet werden könnte, einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

Es war von vornherein klar, dass nur die du Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden von gesättigter schwefelsaurer Zinkvitriollösung mit verquicktem Zinke in Anwendung gebracht werden konnten. Am einfachsten erschien der Gebrauch der Thonstiefelelektroden, wie sie zur Anbringung des reizenden Stromes bei elektrischen Reizversuchen, bei denen es auf Vermeidung aller Polarisation ankommt, von du Bois-Reymond eingeführt worden.

Es stellte sich jedoch heraus, dass der Widerstand solcher Thonstiefelelektroden, obwohl jedenfalls um vieles geringer als die von Pflüger angewendeten unpolarisirbaren Elektroden, doch noch so bedeutend ist, dass sie für den vorliegenden Zweck nicht in Anwendung gezogen werden dürfen, da ihr Widerstand so gross und unter Umständen grösser ist, als der des untersuchten Körpers.

Ich lasse hier einige directe Widerstandsmessungen der Thonstiefelelektroden folgen, die, wie ich glaube, darum nicht ganz unbeachtet bleiben dürfen, weil bei mit ihnen angestellten Versuchen wohl nicht überall die durch sie erzeugte Stromschwächung ganz unberücksichtigt bleiben darf.

Widerstand der Thonstiefelelektroden:

1. Paar feucht: 105 Meilen T.D.

2. Paar aus etwas trockenem Thon: 112 Meilen T.D.

Breite nach demselben Principe construirte Elektroden, die aus einem oben offenen Glaskästchen bestanden, mit einem Boden aus einem dünnen gebrannten Thonblättchen zeigten einen viel geringeren Widerstand, beide zusammen 7 Meilen. Derselbe blieb jedoch aus nicht weiter erforschten Gründen nicht constant, sie mussten deshalb ebenfalls als nicht zweckentsprechend für diese Versuche verworfen werden.

Es blieb schliesslich keine Wahl, als die gewöhnliche den Strom zuführende Vorrichtung in Anwendung zu bringen, deren Widerstand 0,7 Meilen beträgt.

Zu diesem Zwecke wurden auf die Papierbäusche noch kleinere Hülfsbäusche, die du Bois-Reymond unter dem Namen »dreiseitige prismatische Hülfsbäusche« in seinem Werke über thierische Elektricität beschreibt, aufgesetzt [1]. Die obere scharfe Kante wurde mit Thonblättchen von gleichbleibender Dicke belegt. Derartige gleichdicke und gleichgrosse Thonblättchen sind auf eine einfache Weise so darzustellen, dass man den Thon in ein kleines Blechrähmchen von entsprechender Höhe und Grösse platt einstreicht. Der Widerstand bleibt sich bei dieser Anordnung fast absolut gleich; er beträgt im Mittel 11 Meilen, eine Zahl, welche bei allen folgenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden wird.

Du Bois-Reymond bediente sich bei seinen Widerstandsbestimmungen des lebenden Muskels des Gastrocnemius des Frosches, dessen Eigenstrom er dadurch beseitigte, dass er die beiden Gastrocnemien desselben Thieres in entgegengesetzter Richtung, so dass sich die von beiden Muskeln herrührenden Ströme, unter Voraussetzung eines gleichen Zustandes ihrer parelektronomischen Schichten gegenseitig compensiren mussten, dem Strome aussetzte. Der Gastrocnemius war bei seinen Versuchen trotz seines Eigenstromes der einzige anwendbare, da es auf ein Präparat ankam, das man, während man es auf seinen Widerstand untersuchte, zugleich vom Nerven aus in Tetanus versetzen konnte; eine Möglichkeit, die das Nervenmuskelpräparat in der einfachsten Weise gestattete.

Da in meinen Versuchen dieser Grund wegfiel, bediente ich mich der Adductorengruppe des Froschoberschenkels, die, da sie aus längsgefaserten Muskeln besteht, auf dem natürlichen Längsschnitte mit vom Aequator gleich weit entfernten Puncten aufgelegt keinen Strom entwickelt.

Das Präparat wurde in der Weise angefertigt, dass an dem unteren Ende die Knochen des Kniegelenkes, an dem oberen ein Theil der Beckenknochen mit den entsprechenden Sehnen erhalten wurde. Der Semitendinosus [2]) wurde regelmässig aus dem angewendeten Muskel-

1) Bd. II. Abth. II. S. 68. Taf. I.

2) du Bois-Reymond, Abh. über secund. Widerstand. S. 893.

präparate entfernt, da seine feinen Sehnen besonders bei höherer Temperatur die für die Untersuchung nöthige Spannung nicht auszuhalten im Stande sind, und darum ausreissen.

Wir haben oben aus den Untersuchungen du Bois-Reymond's gesehen, dass Gestaltveränderungen des Muskels nicht ohne Einfluss auf seinen galvanischen Widerstand sind. Es müssten diese darum so viel als möglich ausgeschlossen werden. Zu diesem Zwecke bot sich die von du Bois-Reymond angewendete Muskelklemme [1]) als das einfachste entsprechende Mittel dar.

Die Muskelklemme besteht aus zwei Armen, von denen der eine an dem einen Ende eines Glasstabes befestigt ist. Der andere Arm lässt sich frei auf dem Stabe verschieben und kann an jedem Puncte desselben durch eine Schraube festgestellt werden. Die Arme sind in ihrem unteren Theile aus Messing, oben aus Elfenbein. Letzteres ist glatt und dünn und trägt in der Mitte von oben her einen ziemlich tiefen schmalen Ausschnitt zur Aufnahme der Endknochen des Präparates. Es leuchtet ein, auf welche Weise man einem in diese Klemme eingespannten Muskel jeden beliebigen Grad von Spannung ertheilen könne.

Da in den folgenden Versuchen stets der Fall eintrat, dass das auf seinen Widerstand untersuchte Präparat von den Elektroden weggenommen und, nachdem es verschiedenen Proceduren unterworfen war, ganz in der alten Weise wieder aufgelegt werden musste, so war es nöthig eine Vorrichtung anzuwenden, welche es gestattete, das Präparat beliebig aufzulegen und den Punct des erstmaligen Auflegens auf die Zuleitungsbäusche stets auf eine einfache Weise sicher wieder aufzufinden.

Ich wendete zu diesem Zwecke ein auf einem feststehenden Glasstabe verschiebbares Lager aus Kork für die Muskelklemme an. Das Lager war so eingerichtet, dass auf der Mitte der Platte ein sorgfältig rechtwinkelig geschnittenes viereckiges Korkstück aufsass, von solcher Grösse, dass es, wenn das Muskelpräparat eingespannt war, zwischen die beiden Klemmenarme hineinpasste. Wurde einer der rechten Winkel, welche die Klemmenarme mit ihrem Glasstabe bilden, an den einen rechten Winkel des Korkklotzes angedrückt, so war die so fixirte Stellung, auch wenn das Präparat abgehoben worden war, nach Bedürfniss leicht und sicher in der ersten Weise wieder aufzufinden.

1) a. a. O. Bd. II. S. 77. 131 ff.

Nach dem Erwärmen wurde das Erkalten des untersuchten Muskels im feuchten Raume vorgenommen.

Nach Beschreibung der zu den Versuchen verwendeten Apparate und Vorrichtungen kann ich nun zu der Besprechung der Versuche selbst übergehen. Ich bemerke hier, dass ich aus einer grossen Reihe von Versuchen nur die herausnehme, welche mir besonders instructiv erscheinen. Die angeführten Versuche sollen nur als Beispiele dienen, in welcher Weise sich die zu besprechenden Verhältnisse praktisch gestalten.

§ 3.

Versuche.

Erste Reihe.

Leitungswiderstand des lebenden und todten Muskels.

a) Ueber die Abnahme des Leitungswiderstandes der gekochten gegenüber den lebenden Muskeln.

Es musste mich zuerst beschäftigen, das Resultat du Bois-Reymond's, dass die Muskelsubstanz ihren Widerstand beim Kochen verminderc, nochmals zu constatiren. Folgende Tabellen mögen zeigen, in welcher Weise diese Verminderung stattfinde.

Hier und in den meisten folgenden Versuchen wurden Muskeln eines eben getödteten Frosches zur Untersuchung verwendet.

Die Temperatur, bei welcher diese und die folgenden Versuche angestellt wurden, schwankte zwischen 12°—17° C.

In folgenden Tabellen sind die Versuchsresultate zusammengestellt:

Tabelle I.

Zeit.	Versuchs-object und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Zuleitungsgefässe in Meil. T.D.	Länge b* in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a* in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meil. T.D.
4 h 40' – 4 h 55'	Adduct. Gruppe des Frosches 1. frisch	99	11	54,5	95,5	56,5—11 = 45,5
4 h 55' —57,5'; 5 h 30'	2. 2,5' in Wasser gekocht bei 100° C.	—	—	46,0	104,0	43,7—11 = 32,7

*) S. die schematische Zeichnung.

Der Widerstand des Muskels hat durch das Kochen abgenommen. Der Widerstand des frischen lebenden Muskels = 100 gesetzt, so verhält sich der Widerstand des lebenden Muskels zu dem des todten, wie

100 : 71.

Tabelle II.

Zeit.	Versuchs-object und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Zuleitungsgefässe in Meil. T.D.	Länge b in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meil. T.D.
9 h 50 — 10 h. 10 h 40.	Adduct. Gruppe des Frosches. 1. frisch.	99	11	52,5	97,5	53,3—11 = 42,3
	2. 1′ in Wasser von 100° C. gekocht.	—	—	45,5	101,5	42,1—11 = 31,1

Auch in diesem Versuche hat der Widerstand des gekochten gegen den des lebenden Muskels abgenommen und zwar ist das obige Verhältniss hier:

100 : 73.

Das Verhältniss ist hier in beiden Versuchen fast gleich. Ich werde in der Folge noch Gelegenheit haben, zu zeigen, dass dies Verhältniss unter normalen Bedingungen wirklich ein fast constantes ist.

Der specifische Widerstand des lebenden Muskels wird durch Kochen um mehr als ¼ seines anfänglichen Werthes vermindert.

Bei der Complicirtheit der Veränderungen, welche der Muskel bei dem Kochen erleidet, scheint es a priori fast unmöglich, nur mit annähernder Sicherheit anzugeben, welcher von diesen Veränderungen oder welcher Combination derselben er die Verbesserung seines Leitungsvermögens verdanke.

Neben der Gerinnung der Eiweisssubstanzen ist es besonders geringerer Wasser- und Salzreichthum, welcher das gekochte von dem frischen Fleische unterscheidet. Ein Theil seines Muskeleiweisses, der Extractivstoffe, der Salze, des Wassers geht in die Fleischbrühe über.

Das Fleisch contrahirt sich stark, so dass es nach dem Kochen ein kleineres Volumen als vor demselben einnimmt. Um diese letztere Veränderung auf das mögliche Minimum zu beschränken, waren die untersuchten Muskeln in die beschriebene Klemme gespannt.

Es ist allgemein bekannt, worauf besonders Liebig hingewiesen, dass frisches Fleisch, welches, wie es bei den vorstehenden Versuchen geschah, direct in Wasser von der Temperatur von 100° C. getaucht wird, nur sehr wenig Stoffe an dasselbe abgiebt. Es fiel mir auf, dass dies bei den untersuchten, gespannten Muskeln in höherem Grade stattzufinden schien. Das Wasser, in welchem solche Muskeln nur wenige Minuten gekocht hatten, zeigte alle Eigenschaften der Fleischbrühe.

Folgende Beobachtung erklärt dies. Besichtigt man einen Muskel, während man ihn in Wasserdampf in der Muskelklemme ausgespannt erhitzt, so bemerkt man, dass er alsbald anfängt sich mit Tropfen einer trüben, opalescirenden Flüssigkeit zu beschlagen, welche sich stets mehrt und endlich abfliesst. Der Muskel zieht sich hiebei augenscheinlich auf ein kleineres Volum zusammen. Die Tendenz des auf 100° C. erhitzten Muskelgewebes, sich zu contrahiren, ist so bedeutend, dass, wenn dies, wie hier, durch die Fixation der Endpuncte in der Längsrichtung gehindert ist, der Muskel also dieselbe Länge beibehalten muss, er infolge einer trotzdem stattfindenden Contraction einen Theil seiner Flüssigkeit auspresst.

Es ist für die Mehrzahl der bisher besprochenen Veränderungen des lebenden Muskels, durch ein Erhitzen auf 100° C. herbeigeführt, nicht schwer einzusehen, dass sie nicht zu einer Verminderung, sondern nur zu einer Vermehrung seines galvanischen Leitungswiderstandes führen können.

Für einige andere Puncte hatte ich eine experimentelle Entscheidung zu suchen.

Du Bois hat nachgewiesen, und meine Versuche bestätigen seine Beobachtung, dass das Eiereiweiss bei seiner Gerinnung seinen Leitungswiderstand nicht ändere. Wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass dies Verhältniss bei anderen Eiweisssubstanzen ein anderes sei. Das Gerinnen des Eiweisses kann demnach nicht den Grund der Widerstandsverminderung abgeben. Als Beispiel diene folgender Versuch.

Tabelle III.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Zuleitungs-Gefässe in Meilen T.D.	Länge b in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Eierweiss frisch in einem Glasröhrchen mit Pfropfen aus gekautem und in Eiweiss getränktem Papier verschlossen.	50	Die einfachen Bäusche mit Thonblättchen zwischen welche das Röhrchen geklemmt wurde 1,4	40	110	18,1—1,4 = 16,7
Auf 100° C. erwärmt 5′, erkaltet	—	—	41	109	18,9—1,4 = 17,5

Die scheinbare geringe Vermehrung des Widerstandes fällt in die Fehlergrenzen der Untersuchung.

Auch eine directe Einwirkung der hohen Temperatur auf das elastische Gewebe bedingt keine Widerstandsveränderung desselben. Um dies direct zu untersuchen, wurde ein Stück Gewebe des Ligamentum nuchae des Ochsen wie sonst die Muskeln in der Muskelklemme ausgespannt. Das Ligamentum nuchae besteht fast vollkommen aus elastischem Gewebe. Das directe Versuchsergebniss ist folgendes:

Tabelle IV.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Ligamentum nuchae des Ochsen frisch, eine halbe Stunde nach dem Tode	99	11	68,7	81,3	83,6—11 = 72,6
2′ lang auf 100° C. erhitzt in mit Wass. D. gesättigter Atmosphäre, erkaltet *)	—	—	65,0	85	75,6—11 = 64,6

*) Sowohl das Erhitzen als das nachherige Erkalten auf die Anfangstemperatur wurde auch hier in mit Wasserdampf gesättigtem Raume vorgenommen.

Die geringe Abnahme fällt wohl noch in die Fehlergrenzen.

Auch das Bindegewebe als solches scheint durch Erwärmen auf 100° C. seinen Widerstand nicht zu verändern; folgende Tabelle spricht dafür:

Tabelle V.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Knorpel vom Kalb frisch eine halbe Stunde nach dem Tode	99	11	26,1	123,9	20,8—11 = 9,8
5′ auf 100° C. erhitzt	—	—	27,2	122,8	21,9—11 = 10,9

Die geringfügige Zunahme in diesem Versuche ist nur eine scheinbare; der Unterschied der Resultate fällt in die Versuchsfehler.

Das Sehnengewebe zeigt wie das elastische Gewebe eine geringfügige Verminderung des Widerstandes nach dem Erhitzen auf 100° C.

Da alle die möglicherweise in Anwendung zu ziehenden Gewebe mit Ernährungsflüssigkeit von derselben Zusammensetzung wie der Muskel durchtränkt sind und wir alle Ursache haben, wie wir in der Folge sehen werden, anzunehmen, dass der Herd der Widerstandsveränderung gerade in dieser gelegen sei, so kann diese Erscheinung uns nicht verwundern, doch ist es deutlich, dass die Verminderung des Leitungswiderstandes, wenn sie nicht in die Fehlergrenzen fällt, bei den besprochenen Geweben jedenfalls doch eine bei weitem unbedeutendere ist, als bei dem Muskel.

Während sich das Erhitzen der hauptsächlichsten Muskelsubstanzen als solcher ohne Einfluss auf ihr Leitungsvermögen zeigt, bedingen die übrigen Veränderungen des Gesammtmuskels, die wir im Vorigen besprochen, sicher keine Verminderung desselben.

Schon Eingangs haben wir die Beobachtung du Bois-Reymond's besprochen, dass die Gestaltveränderung, welche bei der Contraction des Muskels stattfindet, das Leitungsvermögen desselben nicht verbessern, sondern nur herabsetzen kann. Dasselbe muss a priori der

Fall sein bei jeder Volumsverminderung, wie wir sie in unseren Versuchen stattfinden sehen [1].

Da das Leitungsvermögen des Muskelgewebes wie das aller thierischen Gewebe auf der dieselben durchtränkenden Flüssigkeit und ihrem Salzgehalte beruht, da ja die thierischen Stoffe als solche Nichtleiter sind, so muss auch jede Verminderung dieser Flüssigkeitsmenge — Salzlösung — das Leitungsvermögen vermindern.

Auch Wasserabgabe an der Oberfläche des Muskels, von der man vielleicht annehmen könnte, dass sie durch Concentration der leitenden Flüssigkeit den Leitungswiderstand herabsetzen möchte, wirkt nach directen Versuchen in entgegengesetzter Richtung. Es leuchtet dies auch sogleich als ein Postulat ein, wenn man bedenkt, dass durch die Vertrocknung der Muskelsubstanz an der Oberfläche der grösste Theil derselben, analog den oben von der menschlichen Oberhaut erwähnten Verhältnissen, in nichtleitenden Zustand übergeführt werden muss.

In folgender Tabelle ist beispielsweise ein entsprechender Versuch beschrieben.

Tabelle VI.

Zeit.	Beobachtungs-Object und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand d. Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
11 h — 11 h 15′	Adductoren-Gruppe des Frosches frisch	99	11	38,5	111,5	34,2—11 = 23,2
11 h 15′ — 15,5′	der Muskel in Quecksilber von 100° C. gekocht,					
11 h 25′	erkaltet	—	—	50	100	49,5—11 = 38,5

Der Muskel wurde ½ Minute in Quecksilber von 100° C. erhitzt. Es trat ein lebhaftes Aufwallen des Quecksilbers ein durch Wasserabgabe des Muskels in Dampfform. Der Muskel hatte sich in seiner Form sehr wenig geändert, äusserlich war er etwas getrocknet. Nach

1) du Bois-Reymond, thierische Elektricität. Bd. II. Abth. I. S. 79.

weiterem Erhitzen, 1′ lang, wurde der Widerstand unmessbar: 139,0 CM. = b.

Trotzdem dass wir die Erwärmung auf einen Theil der Muskelsubstanzen einflusslos in Beziehung auf den Widerstand sehen, trotzdem dass wir erkennen, dass die in die Augen springendsten Veränderungen des Gesammtmuskels nur mit einer Vermehrung des Widerstandes verbunden sein können, sehen wir doch eine Verminderung desselben unter den besprochenen Umständen eintreten.

Wir werden zu der Annahme gedrängt, dass neben diesen eine Vermehrung des Widerstandes erzeugenden Momenten ein oder mehrere andere noch unberücksichtigte existiren, welche nicht nur den vorstehenden das Gleichgewicht zu halten, sondern diese auch noch zu überwiegen im Stande sind, so dass das Endresultat aller in verschiedener Richtung wirkender Einflüsse sich schliesslich als eine Verbesserung des Leitungsvermögens herausstellt.

Die zweite Abtheilung meiner Untersuchung wird vielleicht im Stande sein, das obwaltende Dunkel zu erhellen [1].

b) Verhältniss des Widerstandes des lebenden zu dem des todtenstarren Muskels.

Die Todtenstarre der Muskeln wurde in den im Folgenden mitzutheilenden Versuchen auf zweierlei Methoden hergestellt: einmal durch Erwärmen desselben auf 45° C. 5 Minuten lang entweder in Wasser, in Quecksilber oder in Wasserdampf. Der Muskel wurde hiebei frisch in das Medium der betreffenden Temperatur gebracht. Die Abkühlung auf die Anfangstemperatur wurde in der feuchten, mit Wasserdampf gesättigten Kammer vorgenommen. Eine andere Reihe von Versuchen wurde so vorgenommen, dass das Todtenstarrwerden des Muskels der Zeit — 24 Stunden — überlassen blieb. Auch während dieser Zeit hing der Muskel in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, so dass er kein Wasser verdunsten konnte. Die Reaction des Muskels wurde nach dem Versuche sorgfältig geprüft. Ich lasse hier sogleich als Beispiele einige Versuche folgen.

---

1) Ueber die Widerstandsverminderung pflanzlicher Gewebe beim Kochen siehe unten den Anhang.

Tabelle VII.

Drei Versuche, in denen die Todtenstarre durch 5' langes Erwärmen in Wasser auf 45° C. herbeigeführt wurde.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand d. Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Adductoren-Gruppe des Frosches 1. frisch	99	11	52,7	97,3	54,6—11 = 43,6
2. auf 45° C. erwärmt	—	—	33,2	116,8	28,2—11 = 17,2
1. frisch	99	11	75	75	99—11 = 88
2. auf 45° C. erwärmt	—	—	43	107	40—11 = 29
1. frisch	99	11	58	92	62,4—11 = 51,4
2. auf 45° C. erwärmt	—	—	32	118	26,5—11 = 15,5

Setzen wir den Widerstand des lebenden Muskels = 100, so verhält sich dieser zu dem Widerstande des todtenstarren Muskels nach den drei angeführten Versuchen:

1) 43,6 : 17,2 = 100 : 39

2) 88,0 : 29,0 = 100 : 33

3) 51,4 : 15,5 = 100 : 30

Der Widerstand des lebenden Muskels wäre danach etwa dreimal grösser als der des todtenstarren.

In folgender Tabelle stelle ich Versuche zusammen, bei denen die Todtenstarre durch 24stündiges Liegen im feuchten Raume eingetreten war.

Tabelle VIII.

Drei Versuche, in denen die Todtenstarre durch 24stündiges Liegen im feuchten Raume eingetreten war.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand (in Meilen T.D.)	Widerstand d. Elektroden (in Meilen T.D.)	Länge b (in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.)	Länge a (in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.)	Berechneter Widerstand nach Meilen T.D.
Adductoren-Gruppe des Frosches					
1. frisch	99	11	69,2	80,8	84,7—11 = 73,7
2. todtenstarr	—	—	45,0	105	42,4—11 = 31,4
1. frisch	99	11	66,5	83,5	77,8—11 = 66,8
2. todtenstarr	—	—	38,0	112	33,6—11 = 22,6
1. frisch	99	11	58	92	71,3—11 = 60,3
2. todtenstarr	—	—	31,0	119	25,8—11 = 14,8

In den drei Versuchen der vorstehenden Tabelle verhält sich der Widerstand des lebenden zu dem des todten Muskels, ersterer gleich 100 gesetzt:

1) 73,7 : 31,4 = 100 : 42

2) 66,8 : 22,6 = 100 : 34

3) 50,3 : 14,8 = 100 : 30

Auch in diesen Versuchen ist demnach der Widerstand des lebenden Muskels etwa dreimal grösser als der des todtenstarren.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um die beobachteten Verhältnisse anschaulich zu machen. —

Wir müssen die Frage aufwerfen nach dem Grunde dieser auffallenden Erscheinung.

Die erste Frage, die nach der mitgetheilten Erfahrung zu stellen ist, ist die, ob diese Abnahme des Leitungswiderstandes mit dem Aufhören des Lebens etwa eine allen thierischen Geweben zukommende Eigenschaft sei, oder ob sie sich allein bei dem Muskel finde.

Da vom Frosche nicht wohl ein anderes Gewebe sich zu Widerstandsbestimmungen eignet, so benutzte ich zu den zur Entscheidung nöthigen Untersuchungen, wie schon oben, Gewebestücke von Säugethieren — Rind und Kaninchen. — In folgender Tabelle finden sich die Versuchsresultate zusammengestellt.

Tabelle IX.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.
Nerve vom Rind, frisch 15′ nach dem Tode	99	11	66,9	83,1
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	67,0	83,0
Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. I.	99	11	114,3	35,7
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	114,5	35,5
Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. II.	99	11	131,6	18,4
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	131,9	18,1
5′ lang auf 100° C. erhitzt!!	—	—	132,0	18,0
Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. III.	99	11	132,0	18,0
todt, durch 5stündiges Liegen im feuchten Raum	—	—	132,0	18,0
Sehne vom Rind, frisch (noch warm)	99	11	56,2	93,8
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	56,8	93,2
Rippenknorpel vom Rinde, noch warm	99	11	35,0	115,0
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	37,9	112,1
Ligamentum nuchae vom Rind, noch warm	99	11	64,7	85,3
5′ lang auf 45° C. erwärmt	—	-	63,0	86,0

Vorstehende Versuchsreihe, die nur Beispiele aus einer grösseren Anzahl angestellter Messungen giebt, mag genügen, um zu zeigen, dass bei den übrigen thierischen Geweben das Absterben vollkommen ohne nachweisbaren Einfluss auf den Leitungswiderstand bleibt. Die meisten Messungen stehen mir für die Nerven zu Gebote stets mit gleichbleibendem Resultate.

Wir werden dadurch zu der Annahme geführt, dass die bei dem Absterben des Muskels beobachtete Abnahme des Leitungswiderstandes eine den Muskel vor den übrigen thierischen Geweben auszeichnende Eigenschaft sei.

Die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung scheint nach der vorstehenden Erfahrung an Einfachheit zu gewinnen. Wir werden sie in einem Processe zu suchen haben, der das Absterben des Muskels begleitet, bei dem Absterben der übrigen Gewebe aber nicht oder nur in sehr viel geringerem Grade [1]) auftritt.

Auf den ersten Blick bieten sich hier die eigenthümlichen chemischen Veränderungen dar, welche bei dem Absterben des Muskels auftreten und schliesslich ihren vorläufigen Höhepunct in der Todtenstarre und in der Veränderung der Reaction des Muskels finden.

Es wird die Frage aufgeworfen werden müssen, ob die in dem Muskel bei seinem Absterben auftretende Säure vielleicht die Ursache für die Widerstandsverminderung abgeben könnte. Es war nöthig, um darüber eine sichere Entscheidung treffen zu können, diese Frage direct durch Versuche zu beantworten.

Ich benutzte zu diesem Zwecke $^3/_4$ % Kochsalzlösungen, die ich mit einem Minimum von verschiedenen Säuren versetzte und vor und nachher auf ihren galvanischen Widerstand prüfte.

Ich bediente mich zu diesem Zwecke an beiden Seiten offener Glasröhren von

5,7 CM. Länge und
1,3 CM. Querdurchmesser [2]).

Die beiden offenen Enden waren mit möglichst dünnen Pfröpfen

---

1) Ich erinnere hier an Funke's Untersuchungen über das Sauerwerden der Nerven.

2) Die Zahlen sind nicht vollkommen genau, da die einzelnen Röhrchen etwas differirten und die Thonpfröpfe nicht genau gleich dick waren. Die mit ihrer Hülfe gewonnenen Widerstandswerthe haben als absolute Bestimmungen keinen Werth.

aus demselben Thone verschlossen wie ich ihn zur Bedeekung der unpolarisirbaren Elektroden und als Stiefel der Thonstiefelelektroden benutzte, getränkt ebenfalls mit $^{3}/_{4}$ % Koehsalzlösung.

Oben sass dem Röhrchen ein feiner Triehter auf, der es erlaubte, die Röhrehen, naehdem sie an den Seiten dureh den Thon versehlossen waren, mit der zu prüfenden Flüssigkeit zu füllen und aueh naehher noeh die in ihrer Wirkung zu untersuehende Säure einzutropfen.

In folgender Tabelle stelle ieh einige erhaltene Werthe zusammen. Die in eoneentrirtem Zustande mit einer äusserst feinen Pipette eingetropften Säuren sind: Milchsäure, Essigsäure, Salzsäure und Sehwefelsäure. Die Reaetion der Salzlösung nach dem Säurezusatz war auf Laekmus ungefähr die des todtenstarren Froschmuskels.

Tabelle X.

Widerstandsbestimmungen von Kochsalzlösungen und Bestimmung des Einflusses von minimalen zugesetzten Säuremengen auf diesen Widerstand.

Versuchsobject und seine Veränderungen.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	54,5	95,5	28,5	100 : 76
+ 1 Tröpfchen Milchsäure	—	49,5	100,5	24,6	
+ 1 Tröpfchen Milchsäure	—	45,8	104,2	21,9	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	55,8	94,2	29,8	100 : 75
+ 1 Tröpfchen Milchsäure	—	50,5	99,5	26,8	
+ 1 Tröpfchen Milchsäure	—	46,5	103,5	22,4	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	55,0	95	28,9	100 : 89
+ 2 Tröpfchen Essigsäure	—	52,6	97,4	25,9	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	58,2	91,8	31,6	100 : 84
+ 2 Tröpfchen Essigsäure	—	50,5	99,5	26,8	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	51,0	99,0	25,7	100 : 72
+ 1 Tröpfchen Salzsäure	—	38,0	112,0	18,7	
$^{3}/_{4}$ % Kochsalzlösung	50	55,0	95,0	28,9	100 : 41
+ 1 Tröpfchen Schwefelsäure	—	29,0	121,0	12,0	

Wir sehen nach den im Vorstehenden mitgetheilten Resultaten in dem Leitungsvermögen der $^3/_4$ % Kochsalzlösung nach dem Zusatz der minimalen Säuremengen eine nicht unbedeutende Erhöhung eintreten.

Es ist sicher, dass dieselbe Widerstandsverminderung, wie sie in diesen Versuchen stattfindet, auch bei einem Sauerwerden anderer Flüssigkeiten, z. B. der Muskelflüssigkeit stattfinden wird.

Der saure Muskel muss wegen des Auftretens der Säure, die übrigen Bedingungen — Wasser- und Salzgehalt — gleichgesetzt, besser leiten als der nicht saure.

Bedenkt man noch, dass das Auftreten der Säure nur ein Theil der in der Todtenstarre neu eintretenden Stoffanordnung ist, dass Hand in Hand mit diesem noch weitere Stoffzersetzungen in dem den Einflüssen des Lebens entzogenen Muskel stattfinden, deren Producte nach dem Sistiren des Blutkreislaufs sich in ihm anhäufen müssen; bedenkt man, dass alle diese Zersetzungsproducte schlecht oder gar nicht leitender Substanzen ziemlich gute Leiter sind, die sich in ihrem Leitungsvermögen den anorganischen Salzen direct anschliessen, so verliert die Verminderung des Leitungswiderstandes des todten Muskels gegenüber dem lebenden das Geheimnissvolle: das Factum wird zu einem Postulate unserer Vernunft:

Die Verbesserung des Leitungsvermögens des Muskels, welche dessen Absterben begleitet, beruht auf der Anhäufung von gutleitenden Zersetzungsproducten schlecht oder nicht leitender Substanzen.

Dasselbe Verhältniss findet sicher bei dem Kochen der Muskeln statt. Auch hier bilden sich Zersetzungsproducte, die besser leiten als die Stoffe, aus denen sie entstanden; für ihre Anwesenheit bürgt die Veränderung der Reaction, welche der Muskel beim Kochen erleidet. Der Umstand, dass der Muskel durch das Kochen weniger an Leitungswiderstand abnimmt als durch ein langsames Absterben, spricht nicht direct dafür, dass sich bei dem Kochen weniger leitende Substanzen bilden, als in dem anderen Falle.

Wir haben schon oben gesehen, dass die Verminderung des Leitungswiderstandes des gekochten Muskels ein Resultat mehrerer sich in ihren Wirkungen entgegengesetzt verhaltender Einflüsse auf denselben sei. Contraction, Verminderung des Volumens, Abgabe von leitender Flüssigkeit werden sein Leitungsvermögen herabsetzen, die Bildung

neuer gutleitender Substanzen es erhöhen müssen. Wir sehen im concreten Falle den letzteren Einfluss in seinen Wirkungen überwiegen; doch ist selbstverständlich seine sichtbar werdende Wirkung geschwächt, durch die in entgegengesetzter Richtung thätigen Momente. Wir müssen erwarten, dass der todtenstarre Muskel durch Kochen an Leitungsvermögen verliert. Eine Reihe von directen Versuchen bestätigt diese Annahme. Das Verhältniss:

100 : 40

wie ich es für den lebenden und todtenstarren Froschmuskel im Durchschnitt gefunden habe, hebt sich nach dem Kochen auf:

100 : 70

dasselbe Verhältniss, wie es bei directem Kochen des frischen Muskels sich findet.

Zwei Versuche mögen genügen die hier obwaltenden Verhältnisse klar zu machen.

Tabelle XI.

Zunahme des Leitungswiderstandes des todtenstarren Muskels durch Kochen.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Nr. I. Adductoren-Gruppe vom Frosch frisch	99	11	52,7	97,3	54,6 — 11,0 = 43,6 Meilen
todtenstarr durch 5′ langes Erwärmen im Wasser auf 45° C.	99	11	33,2	116,8	28,2 — 11,0 = 17,2 Meilen
auf 100° C. im Wasser erhitzt 2′ lang	99	11	44,1	105,9	41,0 — 11,0 = 30,0! Meilen

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM. Mittel aus 5 Versuchen.	Länge a in CM. Mittel aus 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Nr. II. Adductoren-Gruppe vom Frosch frisch	99	11	69,2	80,8	84,7 — 11,0 = 73,7 Meilen
todtenstarr durch 24stündiges Liegen im feuchten Raum	99	11	45,0	105,0	42,4 — 11,0 = 31,4 Meilen
auf 100° C. im Wasser erhitzt 2′ lang	99	11	57,5	92,5	61,5 — 11,0 = 50,5! Meilen

Die Widerstandsverhältnisse sind danach folgende:

	Nr. I.	Nr. II.
Widerstand des frischen Muskels	43,6	73,7
,, ,, todtenstarren Muskels . .	17,2	31,4
,, ,, gekochten Muskels . . .	30,0	50,5

Setzen wir wie oben den Widerstand des lebenden Muskels = 1 und vergleichen wir die beiden anderen Widerstände mit ihm, so erhalten wir für die beiden Versuche:

	frisch :	todtenstarr :	gekocht :
Nr. I.	1 :	0,40 :	0,7
Nr. II.	1 :	0,42 :	0,7

Die Zunahme ist deutlich genug.

Alle die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche am Muskel und ihre Resultate beziehen sich auf den Froschmuskel. Ich werde in den folgenden Seiten zeigen, dass die gefundenen Resultate auch für die Säugethiere mutatis mutandis ihre Geltung behalten.

c) Absolute Messungen des galvanischen Leitungswiderstandes des lebenden und todten Muskels.

Die Hauptschwierigkeit, welche sich bisher absoluten Messungen des Widerstandes der thierischen Gewebe entgegensetzte, war die, dass

es nur äusserst sehwer und unvollkommen gelingt, diesen Stoffen eine genau stereometriseh definirbare Gestalt zu ertheilen.

Matteueei versuchte bei seinen oben schon besproehenen vergleichenden Untersuehungen über den Leitungswiderstand der thierisehen Gewebe, aus Muskel, Rüekenmark und Gehirn Stückchen von gleiehen Dimensionen mit dem Ischiadieus des Kaninehens, dessen Gewebe er zur Untersuehung benützte, herzustellen. Dass dies nur äusserst unvollkommen gelingen konnte, liegt auf der Hand. Er verziehtet aus diesem Grunde auf absolute Zahlenangaben.

Auch die ingeniöse Methode, welcher sieh C. Eekhard bediente, gab nur vergleichende Resultate.

Ich bediente mieh zu den im Folgenden mitzutheilenden Versuehen einer sehr einfaehen und naheliegenden Methode, die es gestattete, nicht nur dem untersuehten Gewebe eine mathematiseh bestimmbare Gestalt zu geben, sondern aueh auf die leiehteste Weise verschiedene Gewebe in die gleiehe Form zu bringen, so dass die durch Messung der Dimensionen nothwendig erzeugten Fehler auf diesem Wege ausgesehlossen wurden.

Die Elastieität der thierisehen Gewebe gestattet es, sie in ein genügend dickes Röhrchen so einzuziehen, dass dasselbe vollkommen ausgefüllt wird. Dureh einen scharfen Schnitt können die Endfläehen genau parallel mit der beiderseitigen Oeffnung des Röhrchens hergestellt werden. Wir erlangen auf diese Weise, wenn das Messröhrehen selbst nur genau in den Dimensionen seines Lumens bestimmbar ist, die eingezogenen zu untersuehenden Substanzen in einer Form, welche die Anwendung der Ohm'sehen Formel zur Berechnung ihres Widerstandes anzuwenden erlaubt.

Ieh benützte zu meinen Bestimmungen ein Glasröhrehen, welehes an beiden Enden abgeschliffen war und dessen Dimensionen nach einer Anzahl von sorgfältigen übereinstimmenden Messungen:

Längendurehmesser = 20 MM.
Querdurehmesser = 6,4 „

betrugen.

Da ieh Grund hatte anzunehmen, dass die Widerstandsverminderung, welche durch das Absterben der Muskeln hervorgebraeht wird, bei dem Frosehe grösser ist, als bei den Säugethieren, wofür vor allem die stärkere saure Reaetion des todten Froschmuskels gegenüber dem

todten Säugethiermuskel zu sprechen scheint, abgesehen von der Temperaturverminderung, so benützte ich zu den folgenden absoluten Messungen Muskeln eines eben durch einen Nackenschlag getödteten Kaninchens. Diese Todesart wurde darum gewählt, weil aller Blutverlust vermieden werden sollte.

Zur Untersuchung dienten auch hier die längsfasrigen Muskeln der Adductorengruppe; für die Bestimmungen am lebenden Muskel die des einen, für die des todten die des anderen Hinterschenkels desselben Thieres. Noch zuckend wurden erstere in das Messröhrchen eingezogen.

Um zu zeigen, wie weit die gefundenen Resultate Vertrauen verdienen, theile ich im Folgenden ein vollständiges Versuchsprotocoll mit. Dass trotz aller angewendeten Vorsicht die Resultate doch weit hinter den Widerstandsmessungen der Metalle zurückstehen, liegt in der Natur der Sache. Jede in der Tabelle aufgeführte Bestimmung wurde an einem frischen Muskelstücke vorgenommen.

Tabelle XII.

Absolute Widerstandsbestimmung des Kaninchenmuskels.

Versuchsobject.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM.	Länge a in CM.	Berechneter Widerstand nach Meilen T.D.
Muskel frisch	99	1,1	35,5 35,0 32,5 32,0 35,0	114,5 115,0 117,5 118,0 115,0	Im Mittel beträgt der Widerstand: 31,7 Meilen — 1,1 ,, = 30,6 Meilen
	Im	Mittel =	34,0	116,0	
Muskel todt nach 24stündigem Liegen, sauer	99	1,6	24,3 24,0 25,0 23,4 23,5	125,7 126,0 125,0 126,6 126,5	Im Mittel beträgt der Widerstand: 18,8 Meilen — 1,6 ,, = 17,2 Meilen
	Im	Mittel =	24,0	126,0	
Rückenmark frisch um das Röhrchen zu füllen doppelt zusammengelegt	99	1,1	24,0	108,0	Im Mittel: 38,5 — 1,1 = 37,4

Die Länge der untersuchten Gewebstücke betrug, wie schon oben angegeben: 0,02 Mtr. Der Durchmesser des Querschnittes: 0,0064 Mtr. Der Querschnitt demnach: 32,17 □MM.

Berechnet man diese Längen- und Querschnittsverhältnisse auf das Normalmaass 1 Mtr. Länge und 1 □MM. Querschnitt, so ergiebt sich für den lebenden Muskel der Widerstand = 49220 Meilen T.D.

Da 1 preussische Meile Telegraphendraht nach den Angaben von Siemens und meinen directen Bestimmungen an einem nach Siemens'schen Einheiten graduirten Rheostaten aus der Siemens-Halske'schen Anstalt gleich ist

64 Siemens'schen Einheiten

1 S.E. = reines Quecksilber

von 1 Mtr. Länge und 1 □MM. Querschnitt bei 0^0 C.

so berechnet sich der Widerstand des lebenden Muskels danach auf:

3150080 S.E.,

d. h. der lebende Muskel leitet drei Millionen mal schlechter als Quecksilber, und mit Zugrundelegung der Pouillet'schen Zahlen [1]), nach denen das Quecksilber 38,38 mal schlechter als Kupfer leitet, ungefähr 115 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Der todte Muskel, dessen Widerstand nach vorstehender Tabelle sich zu dem des lebenden wie 56 : 100 verhält, leitet danach etwa:

1,68 Millionen mal schlechter als Quecksilber und:

64,4 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Neben diesen Bestimmungen des Muskelwiderstandes giebt vorstehende Tabelle noch eine Bestimmung des Widerstandes des Rückenmarkes.

Der Widerstand desselben verhält sich zu dem Widerstande des todten Muskels wie 2,1 : 1, dasselbe Verhältniss, welches C. Eckhard in seinen Untersuchungen fand.

Das Verhältniss des Widerstandes zu dem des lebenden Muskels ist hingegen: 1 : 1,2

Wir sind berechtigt, daraus zu schliessen, dass der von C. Eckhard ausgesprochene Satz [2]):

„Sehne, Knorpel und Nerve bieten keine erheblichen Differenzen in ihrem Leitungswiderstande"

1) Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. S. 180.

2) a. a. O. S. 69.

dahin zu erweitern ist: *der galvanische Leitungswiderstand der verschiedenen lebenden thierischen Gewebe zeigt nur sehr geringe Verschiedenheiten*, natürlich mit Ausschluss der Oberhaut.

Aus 10 Widerstandsbestimmungen des lebenden Froschmuskels ergiebt sich im Verhältnisse zu dem lebenden Kaninchenmuskel ein etwas bedeutenderer Widerstand.

Während nach der angeführten Tabelle der Widerstand des untersuchten noch warmen Muskelstückes vom Säugethiere 30,6 Meilen beträgt, ergiebt sich für ein Muskelstück von derselben Grösse vom Frosch:

42,4 Meilen.

Die Widerstände verhalten sich wie 1 : 1,39.

Den Grund für diese Erscheinung suche ich einestheils in der geringeren Temperatur des Froschmuskels, anderentheils in der geringeren Concentration der in dem Froschmuskel enthaltenen Flüssigkeit[1]).

Folgende Tabelle stellt 10 Messungen, an 5 Fröschen angestellt, zusammen. Je zwei aufeinander folgende Versuche sind an ein und demselben Frosche angestellt.

Tabelle XIII.

Absolute Widerstandsbestimmungen des lebenden Froschmuskels.

Versuchsobject.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand d. Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM.	Länge a in CM.	Berechneter Widerstand nach Meilen T.D.
Adductor vom lebenden Frosch Nr. 1.	99	1,3	48,0	102,0	Im Mittel aus allen 10 Versuchen beträgt der Widerstand: 43,7 — 1,3 = **42,4** Meilen T.D.
	»	»	41,5	108,5	
Nr. 2.	99	1,3	49,0	101,0	
	»	»	48,5	101,5	
Nr. 3.	99	1,3	47,6	102,4	
	»	»	43,0	107,0	
Nr. 4.	99	1,3	48,0	102,0	
	»	»	44,7	105,3	
Nr. 5.	99	1,3	43,0	107,0	
	»	»	47,0	103,0	
		Im Mittel =	46,0	104,0	

1) Siehe S. 13.

Versuche.

Zweite Reihe.

Leitungswiderstand des geruhten und tetanisirten Muskels.

Die Erkenntniss des letzten Grundes, auf welchem die Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels bei seinem Absterben beruht, ist es, was für die Fortsetzung der vorliegenden Untersuchung von hervorragender Bedeutung ist:

Die Grösse des Leitungswiderstandes des Muskels steht in einer einfachen Relation zu der Menge der in ihm angehäuften Zersetzungsproducte seiner eigenen Substanz.

Im Lichte dieser Erfahrung gewinnt die Entdeckung du Bois-Reymond's, die wir schon in der Einleitung besprochen haben [1]), dass die Contraction des Muskels von einer Verminderung des eigenthümlichen Widerstandes der Muskelsubstanz begleitet sei, eine weitertragende Bedeutung.

Schon dort wurde darauf hingewiesen, dass du Bois-Reymond den Gedanken an einen rein physikalischen Grund dieser Erscheinung zurückgewiesen habe. Auch die von Helmholtz beobachtete Erwärmung des Muskels bei seiner Zusammenziehung, die in ihrem letzten Grunde auf chemischen Ursachen beruht, reicht nicht aus, das du Bois'sche Phänomen zu erklären, von dessen constantem Auftreten ich mich durch eine Reihe eigener Untersuchungen überzeugte.

Das von du Bois-Reymond entdeckte Erscheinen von Säure im Muskel bei seiner Contraction reicht hingegen im Zusammenhalt mit unseren bisher gewonnenen Erfahrungen vollkommen hin, eine genügende Erklärung für das besprochene Factum abzugeben:

Das von du Bois-Reymond entdeckte Phänomen der Verminderung des specifischen Leitungswiderstandes des Muskels bei seiner Zusammenziehung erklärt sich vollkommen aus der von demselben Forscher entdeckten Thatsache des Sauerwerdens des Muskels beim Tetanus. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir die Veränderung des Leitungswiderstandes hier wie bei unseren vorstehenden Untersuchungen auf eine Anhäufung gutleitender Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz zu beziehen haben.

---

1) Siehe S. 15.

Es wird uns auf diese Weise die Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes ein Handgriff der physiologischen Chemie, welcher uns das auf anderem Wege von der Wissenschaft gewonnene Resultat, dass bei dem Tetanus eine Anhäufung von Muskelzersetzungsproducten stattfinde, neu bestätigt.

Es ist von selbst einleuchtend, dass sich die Wissenschaft von nun an dieser Methode bedienen könne, um zu entscheiden, ob gewisse Vorgänge in den Geweben des thierischen, und wie der Anhang zu diesem Capitel ausweisen wird, auch des pflanzlichen Organismus mit Anhäufung von gutleitenden Zersetzungsproducten verknüpft seien oder nicht, eine Bestimmung, der auf chemischem Wege in manchen Fällen unübersteigliche Hindernisse im Wege stehen. —

Wenden wir uns zu der uns direct beschäftigenden Frage: nach der Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels herbeigeführt durch sein Absterben zurück, so wird es uns nach den eben angestellten Betrachtungen klar, dass ein anhaltender dem Todtenstarrwerden vorausgegangener Tetanus nicht ohne eine entschiedene Einwirkung auf die Grösse des fraglichen Phänomens bleiben könne, da ja der Tetanus und das Absterben den Muskel nach den bisher gewonnenen Thatsachen in analoger Richtung beeinflussen. Finden wir einen Einfluss des Tetanus, entsprechend unseren bisherigen Anschauungen, so werden wir dies als eine Probe auf die Richtigkeit derselben ansprechen dürfen.

Der Versuchsplan, dem wir uns im Folgenden anzuschliessen haben, ist demnach der, die Leitungswiderstandsabnahme durch das Absterben vorher tetanisirter Muskeln mit derselben Erscheinung bei vorher geruhten zu vergleichen.

Es boten sich zu dieser Untersuchung zwei Arten des Tetanus dar, die in der kürzesten Zeit das Maximum der möglichen Leistungen des Muskels erreichen; als erste Art: die jedem Experimentalphysiologen bekannten ideopathischen Allgemeinkrämpfe, die als hauptsächlichstes Symptom jene Seuche begleiten, welche nach der Beschreibung du Bois-Reymond's[1]) im Winter die aufbewahrten Fische befällt. Die Krämpfe haben sehr viel Aehnlichkeit mit Strychnintetanus und erschöpfen die Leistungsfähigkeit der Muskeln ziemlich vollständig. Nicht erst nach dem Tetanus, sondern auch schon ehe die Krampf-

1) a. a. O. Bd. II. Abth. I. S. 169 ff., und Bd. I. S. 452.

anfälle eingetreten sind, reagiren die Muskeln der kranken Frösche sauer. Diese Form des Tetanus bot sich gleichsam zufällig ungesucht dar und die Störung in den Resultaten, die ich anfänglich in Folge derselben erlitt, ohne den Grund sogleich zu erkennen, waren es, denen ich die Anregung zu der im Folgenden mitzutheilenden Untersuchung über die Veränderung der Muskelsubstanz durch den Tetanus verdanke, indem ich beschloss, den theoretisch erkannten Vorgang auch experimentell zu verfolgen. Der Umstand, dass die hier in Frage kommenden Muskeln eine sauere Reaction zeigen, giebt hinlänglich zu erkennen, dass es sich bei dem besprochenen Krankheitszustande um eine Anhäufung von Zersetzungsproducten im Muskel handelt, die wegen gestörter Circulation (?) nicht mehr wie im normalen Zustande weggeschafft zu werden vermögen.

Die zweite zum Experimente benutzte Krampfform war der Tetanus nach Strychnin-Vergiftung; elektrischer Tetanus, der die Leistungsfähigkeit der Muskeln oft erst nach mehreren Stunden erschöpft, wurde nicht angewendet, da der Einfluss der Zeit aus den Versuchen möglichst ausgeschlossen bleiben sollte. Die concentrirte Strychninlösung wurde den Fröschen in äusserst geringer Menge mit einem zugeschnittenen Federchen in eine Rückenhautwunde gebracht. Die folgenden Krämpfe waren stets sehr bedeutend, 20—36 Minuten in voller Stärke andauernd. Der Tod trat nicht in allen Fällen ein. Sehr selten kam es vor, dass schon nach wenigen Krampfanfällen Reactionslosigkeit eintrat; in solchen Fällen wurde natürlicher Weise der Erfolg des Experimentes mehrweniger beeinträchtigt.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass während des Tetanus die Circulation fortbestand. Etwaige Veränderungen an den Eigenschaften der Muskeln in Folge der fortgesetzten Contractionen beziehen sich also nicht auf den aus dem Organismus entfernten, sondern auf den in vollkommen normalen Verhältnissen befindlichen, von den Ernährungsflüssigkeiten — Blut und Lymphe — umspülten Muskel.

Die Untersuchungsmethode, welche zu den folgenden Versuchen angewendet wurde, brachte es mit sich, dass an einem und demselben Individuum, da man nur ein zur Widerstandsbestimmung passendes Präparat von einem Frosche darstellen kann, nur ein Versuch angestellt werden konnte. Ich war dadurch gezwungen zu der umständlichen

Methode der Mittelwerthe meine Zuflucht zu nehmen. Die grössere Anzahl von Versuchen, welche dadurch nöthig wurden, bringt jedoch zum Ersatz eine Reihe von Nebenbetrachtungen, welche für die angewendete Mühe entschädigen. —

Wenden wir uns nun zu den Versuchen selbst. Ich suchte zu meinem Zwecke aus Fröschen von dem gleichen Fang möglichst gleichartige Thiere aus, von denen die einen nach vorausgegangenem Tetanus, die anderen direct als geruhte Exemplare zu dem nöthigen Präparate verarbeitet wurden. Die Todtenstarre wurde nach den beiden schon besprochenen Methoden, die vollkommen gleiche Resultate liefern, erzeugt.

In der folgenden ersten Untersuchungsreihe sind die Versuche mitgetheilt, welche an ruhenden Muskeln über die Abnahme des Leitungswiderstandes bei der Todtenstarre angestellt wurden. Die zweite Reihe bringt die Beobachtungen desselben Vorganges nach vorausgegangenem Tetanus. Alles Uebrige machen die beiden Tabellen selbst anschaulich.

Tabelle XIV.

Ruhender Muskel.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten	Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten	Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten.
Adductoren-Gruppe des Frosches. I. Wärmestarre. Nr. 1.			(Rheochordlänge = 200 CM.)		
a frisch	4500	794	99,3	100,7	4437,5 — 794,0 = **3643** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	74,2	125,8	2574,8 — 794,0 = **1780** S. E.
	3643 : 1780 = 100 : 48				
Nr. 2. a. frisch	4500	794	98,6	101,4	4374 — 794 = **3580** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	77,9	122,1	2870 — 794 = **2076** S. E.
	3580 : 2076 = 100 : 58				

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten.	Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten.	Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten.
Nr. 3. a. frisch	4500	794	94,2	105,8	3818 — 794 = **3034** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	57,5	142,5	1815 — 794 = **1021** S. E.
	3034 : 1021 = 100 : 30				
Nr. 4. a. frisch	4500	794	96,4	103,6	4198 — 794 = **3404** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	58,5	141	1860 — 794 = **1066** S. E.
	3404 : 1066 = 100 : 31				
Nr. 5. a. frisch	4500	794	113,5	86,5	4656 — 794 = **3862** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	74,5	135,5	2953 — 794 = **2159** S. E.
	3862 : 2159 = 100 : 55				
Nr. 6. a. frisch	4500	794	94,0	106,0	4000 — 794 = **3206** S. E.
b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	57,0	143,0	1800 — 794 = **1006** S. E.
	3206 : 1006 = 100 : 31				
II. Zeitstarre. Nr. 7.			(Länge des Rheochords 150 CM.)		
a. frisch	6336	704	69,2	80,8	5416 — 704 = **4712** S. E.
b. todtenstarr 24^h im feuchten Raum gelegen	—	—	45,0	105	2713 — 704 = **2009** S. E.
	4712 : 2009 = 100 : 42				

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten.	Widerstand der Elektroden	Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten.
Nr. 8. a. frisch	6336	704	66,5	83,5	4979 — 704 = **4275** S. E.
b. todtenstarr durch 24h Liegen	—	—	38,0	112,0	2150 — 704 = **1446** S. E.
	4275 : 1446 = 100 : 34				
Nr. 9. a. frisch	6336	704	58,0	92,0	3993 — 704 = **3289** S. E.
b. todtenstarr durch 24h Liegen	—	—	31,0	119,0	1651 — 704 = **947** S. E.
	3289 : 947 = 100 : 28,4				

Die Abnahme des Leitungswiderstandes in den vorstehenden Beobachtungen, die mit einer grossen weiteren Reihe analoger Versuche vollkommen übereinstimmen, stellt sich folgendermassen, den Leitungswiderstand des lebenden Muskels = 100 gesetzt:

Versuchs-Nummer.	Muskel lebend.	Muskel todtenstarr.	Bemerkungen.
1.	100	48	Bei Nr. 1 bis Nr. 6 incl.
2.	»	58	wurde die Todtenstarre
3.	»	30	durch Erwärmen
4.	»	31	erzeugt.
5.	»	55	
6.	»	31	Bei Nr. 7 bis Nr. 9
7.	»	42	wurde die Todtenstarre
8.	»	34	durch 24stünd. Liegen im
9.	»	28,4	feuchten Raum erzeugt.
	Im Mittel = 39,7		

Wir beobachten, dass die Abnahme des Leitungswiderstandes bei den verschiedenen Muskeln in ziemlich weiten Grenzen schwankt, d. h.: der zersetzbare Stoff, über welchen ein geruhter Muskel — den Ersatz durch das Blut ausgeschlossen — bis zur Todtenstarre disponirt, ist in seiner Quantität bei den verschiedenen Individuen unter scheinbar gleichen Ver-

hältnissen ziemlich bedeutend verschieden; als Mittelzahl für den Procentwerth der Widerstandsabnahme ergiebt sich **39,7**. —

Wenden wir uns sogleich zur Darstellung der Resultate der Widerstandsmessungen nach dem ideopathischen und Strychnin-Tetanus. In folgender Tabelle sind die hiebei erhaltenen Zahlen zusammengestellt.

Tabelle XV.

Tetanisirter Muskel.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand	Widerstand der Elektroden	Länge b S	Länge a S	Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten.
	in Siemens'schen Einheiten.		in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.		
I. Strychnin-tetanus. Adductoren-Gruppe des Frosches. Nr. 1.			(Rheochordlänge = 200 CM.)		
a. frisch	4500	794	92,2	107,8	3855 — 794 = **3061** S. E.
b. wärmestarr 10′ lang auf 45° C. erwärmt	—	—	86,2	113,8	3409 — 794 = **2615** S. E.
	3061 : 2615 = 100 : 85				
Nr. 2. a. frisch	4500	794	88,0	111,2	3567 — 794 = **2773** S. E.
b. wärmestarr	—	—	71,4	128,6	2500 — 794 = **1706** S. E.
	2773 : 1706 = 100 : 62				
Nr. 3. a. frisch	4500	794	75,2	124,8	2711 — 794 = **1917** S. E.
b. wärmestarr	—	—	56,5	143,5	1800 — 794 = **1006** S. E.
	1917 : 1006 = 100 : 52				
Nr. 4. a. frisch	4500	794	81,1	118,9	3069 — 794 = **2275** S. E.
b. wärmestarr	—	—	61,5	138,5	2000 — 794 = **1206** S. E.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten.	Widerstand der Elektroden	Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen.	Länge a S	Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten.
Nr. 5. a. frisch	4500	794	69,9	130,1	2407 — 794 = **1613** S. E.
b. wärmestarr	—	—	54,5	145,5	1824 — 794 = **1030** S. E.
	1613 : 1030 = 100 : 63				
Nr. 6. a. frisch	4500	794	69,1	130,9	2375 — 794 = **1581** S. E.
b. wärmestarr	—	—	52,5	147,5	2288 — 794 = **1494** S. E.
	1581 : 1494 = 100 : 94				
II. Ideopathischer Tetanus.			(Rheochordlänge = 150 CM.)		
Nr. 7. a. frisch	6336	704	65,0	85,0	4140 — 704 = **3436** S. E.
b. wärmestarr	—	—	57,6	92,4	3936 — 704 = **3232** S. E.
	3436 : 3232 = 100 : 76				
Nr. 8. a. frisch	6336	704	52,2	97,8	3379 — 704 = **2675** S. E.
b. wärmestarr	—	—	48,0	102,0	2982 — 704 = **2278** S. E.
	2675 : 2287 = 100 : 85				
Nr. 9. a. frisch	6336	704	60,0	90,0	4224 — 704 = **3520** S. E.
b. wärmestarr	—	—	53,0	97,0	3462 — 704 = **2758** S. E.
	3520 : 2758 = 100 : 78				

Die Abnahme des Leitungswiderstandes in den vorstehenden Beobachtungen stellen sich, der Leitungswiderstand des frischen Muskels wie in der ersten Tabelle = 100 gesetzt, folgendermassen:

Versuchs-Nummer.	Muskel		Bemerkungen.
	lebend.	todtenstarr.	
1.	100	85	Von Nr. 1 bis Nr. 6 incl. war der Untersuchung Strychnintetanus vorhergegangen.
2.	»	62	
3.	»	52	
4.	»	53	
5.	»	63	
6.	»	94	Von Nr. 7 bis Nr. 9 incl. ging der Untersuchung ideopathischer Tetanus vorher.
7.	»	76	
8.	»	85	
9.	»	78	
	Im Mittel = 72		

Wir beobachten in dieser Tabelle, wie bei der Zusammenstellung der ersten, dass die Abnahme des Leitungswiderstandes auch nach dem Tetanus bei den einzelnen Muskeln in ziemlich weiten Grenzen schwankt, doch ist die Leitungswiderstandsabnahme niemals eine so bedeutende wie bei dem ruhenden Muskel: das Maximum der Leitungswiderstandsabnahme des tetanisirten Muskels ist das Minimum dieser Erscheinung bei dem ruhenden, die meisten Zahlen liegen jedoch viel weiter auseinander. Im Mittel beträgt der procentische Werth des Widerstandes des Muskels nach dem Tetanus 72,0, während sie bei dem ruhenden 39,7 betrug; von 100 Widerstandseinheiten verschwinden bei der Todtenstarre des ruhenden Muskels 60,3, bei der des tetanisirten nur 28. Die Widerstandsabnahme ist demnach im letzteren Falle etwa um die Hälfte geringer als im ersteren. Mit anderen Worten:

Der tetanisirte Muskel enthält weniger Stoffe, welche der Zersetzung bei der Todtenstarre unterliegen können als der ruhende Muskel. —

Fragen wir uns, wie dieses Ergebniss mit unseren schon vor dem Experimente gewonnenen Anschauungen übereinstimmt, und erinnern uns, dass das Experiment gleichsam als Probe auf die Richtigkeit dieser Anschauungen angestellt werden sollte.

Wir waren dort zu dem Schlusse gekommen, dass Tetanus und

Todtenstarre den Leitungswiderstand des Muskels in gleichem Sinne beeinflussen würden, sodass wir also eine Veränderung in der Grösse des Phänomens der Leitungswiderstandsabnahme bei der Todtenstarre vorher tetanisirter Muskeln im Vergleiche mit dem Vorgange bei vorher geruhten Muskeln erwarten mussten.

Es leuchtet ein, dass wir hierbei von einer bisher unerwiesenen Hypothese ausgingen.

Es lässt sich nämlich nur dann ein solcher erkennbarer Einfluss des Tetanus auf den fraglichen Vorgang erwarten, wenn die Menge der sich bis zur Todtenstarre bildenden Säure im Muskel, vielleicht auch die der übrigen Zersetzungsproducte, eine für jeden einzelnen Muskel festbestimmte aus inneren Ursachen hervorgehende Grösse ist, die sich also mit etwa veränderten Versuchsbedingungen nicht gleichfalls ändert. Mit anderen Worten lautet die Hypothese:

Der Muskel besitzt in der Zeiteinheit nur eine beschränkte Menge durch die Einflüsse der Todtenstarre und des Tetanus zersetzbarer Stoffe.

Es versteht sich von selbst, dass sich dieser Satz vor Allem auf diejenigen Stoffe beziehen müsse, auf deren Zersetzung und chemischer Umgestaltung die Widerstandsabnahme bei der Todtenstarre und dem Tetanus vor Allem und hauptsächlich beruht, auf die säurebildenden Muskelstoffe. Ich werde sehr bald Gelegenheit finden, zuerst für diese Stoffe unsere eben ausgesprochene Hypothese experimentell zu erweisen. Vorläufig weist uns eine schon eruirte Thatsache darauf hin, dass wir keck diese Voraussetzung als gegründet machen dürfen, ich meine das Ergebniss, dass in Beziehung auf die Zunahme des Leitungsvermögens des Muskels zwei scheinbar so sehr verschiedene Einflüsse wie der des normalen Absterbens und der des Absterbens infolge von Temperaturerhöhung vollkommen übereinstimmende Resultate ergeben haben, wie schon die Tabellen Nr. VII. und Nr. VIII. deutlich ausweisen, ebenso alle später angestellten Versuche.

Es ist klar, die Richtigkeit unserer Hypothese vorausgesetzt, dass, wenn vor dem Absterben des Muskels schon eine theilweise Umbildung der zersetzbaren Muskelstoffe in leitungsverbessernde erfolgt ist, wie wir dies durch Tetanus erreichen können, das Phänomen der Leitungsverbesserung durch die Todtenstarre eine entsprechend nur geringere Grösse erreichen könne, als wenn wir die Todtenstarre bei vorher ge-

ruhten, noch im Vollbesitz der ganzen, normalen Menge der zersetzbaren Stoffe sich befindenden Muskeln in ihren Wirkungen beobachten.

Das Resultat unseres Experimentes bestätigt diese Anschauung vollkommen, wir sehen wirklich, dass die Leitungsverbesserung des Muskels bei dem Absterben infolge des Tetanus eine bedeutende Verringerung erfährt. —

Die Tragweite dieser neuen Erfahrung ist nicht unbedeutend. Wir sehen, dass der Tetanus — vor Allem bei der Säurebildung — aus derselben beschränkten Quelle schöpft, wie der Vorgang der sich ausbildenden Todtenstarre; dass also *derselbe* Vorgang der Stoffzersetzung, der während der Muskelcontraction vor sich geht, auch während der Todtenstarre mit so verschiedenem Resultate sich findet.

Noch wichtiger für den Fortgang unserer Untersuchung wird die weitere sich ergebende Thatsache werden, dass wir durch Muskelarbeit bis zur vollständigen Erschöpfung der Muskelleistungsfähigkeit *niemals* im Stande sind, die Quelle der möglichen Stoffzersetzungen vollkommen zu erschöpfen. Wir sehen, dass durch den Tetanus nur ein Theil der im Muskel aufgespeicherten Stoffe zersetzt werden kann, und dass erst der Vorgang der Todtenstarre alle für den Augenblick möglichen Zersetzungen einzuleiten im Stande ist. Es wird dies daraus klar, dass stets die Todtenstarre das Leitungsvermögen des Muskels noch verbessert, auch wenn die heftigsten, aufreibendsten Contractionen vorausgegangen sind.

Man kann unmöglich umhin, bei Betrachtung dieses Factums nicht anzunehmen, dass Hemmungsvorrichtungen im Muskel vorhanden seien, die es demselben während des Lebens unmöglich machen, seine absolute Leistungsfähigkeit — beruhend auf der Menge der in ihm angehäuften zersetzbaren Stoffe — gänzlich zu erschöpfen. Es wird unsere Aufgabe sein, in der Fortsetzung unserer Untersuchung diesen Hemmungsvorrichtungen nachzuspüren, mit anderen Worten, die Gründe der Ermüdung des Muskels zu erforschen.

Betrachten wir die in den letzten Tabellen zuammengestellten Resultate weiter, so ergab sich schon auf den ersten Blick, dass nicht nur bei den geruhten Muskeln, sondern auch bei den vorher tetanisirten die Grösse der Leitungswiderstandsabnahme nicht unbeträchtliche individuelle Schwankungen zeigt. Es sind dies analoge Schwankungen in beiden Fällen, zum Beweise, dass nicht nur die absolute Menge des

zersetzbaren Stoffes, sondern auch der bei der Arbeitsleistung zersetzbare Theil derselben in verschiedenen Muskeln sehr verschiedene Werthe besitzt. Obwohl der thatsächliche Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Arbeitsleistung mit der Grösse des Phänomens der Leitungsverbesserung des Muskels durch das Absterben nicht erwiesen wurde, stehe ich doch nicht an, darauf hinzuweisen, dass die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammenhanges für mich eine sehr grosse ist. Spätere Ergebnisse, welche zuerst die Wasserbestimmung in den Muskeln liefern wird, deuten direct hin auf ein bestehendes Wechselverhältniss in analogem Sinne.

Schliesslich habe ich auf einen noch nicht näher besprochenen Umstand aufmerksam zu machen, der für die Beurtheilung der zuletzt mitgetheilten Experimentalresultate von Bedeutung ist.

Die Versuche sind am lebenden, unversehrten Thiere angestellt; der Tetanus fand also statt, wie schon oben angegeben, bei normalem Fortbestand der Circulation, soweit diese nicht selbst durch die Muskelzuckungen beeinflusst wurde. Es versteht sich demnach, dass während sich Zersetzungsproducte — z. B. Säure — im Muskel bei dem Tetanus bildeten, diese neugebildeten leichtdiffundirbaren Stoffe sogleich mit den umgebenden Flüssigkeiten in Diffusionsbeziehung traten. Wir müssen annehmen, dass aus diesem Grunde wenigstens ein Theil dieser Stoffe sogleich aus dem Muskel abgeführt und dadurch verhindert wurden, bei der Verbesserung des Leitungsvermögens des Muskels mit zu concurriren. Ein anderer Theil derselben bleibt notorisch, da ja die tetanisirten Muskeln sauer reagirten, zurück. Die Verminderung der Widerstandsabnahme nach vorausgegangenem Tetanus ist demnach nur theilweise scheinbar, weil die Muskeln nach dem Tetanus schon besser leiteten als vor demselben. Würde die Diffusion mit ihren Wirkungen auszuschliessen sein, so müsste das combinirte Resultat des Tetanus und der Todtenstarre dem durch das letztere Moment allein schon erreichbaren absolut gleich sein. In Wahrheit muss es jedoch der Diffusionswirkung wegen stets hinter dem letzteren zurückbleiben. Es müssen sich in dem vorher tetanisirten Muskel nach der Todtenstarre weniger Zersetzungsproducte finden als in dem vorher geruhten. Es ist demnach die Verminderung der Leitungswiderstandsabnahme eine absolute. Der directe Beweis dafür wird in dem folgenden Capitel geliefert werden. —

§ 4.

Resultate.

Um die Uebersicht über den Zusammenhang der Untersuchung und ihre Fortschritte zu erleichtern, beabsichtige ich am Schlusse jedes Capitels das Neugewonnene kurz zusammenzufassen.

Aus der Untersuchung, soweit sie bisher geführt wurde, ergeben sich folgende Resultate:

1. Das Absterben des Muskels ist mit einer Herabsetzung seines galvanischen Leitungswiderstandes verbunden, welche bei dem Säugethiere (Kaninchen) etwa die Hälfte, bei dem Frosche $^2/_3$ des anfänglichen Widerstandes beträgt.

Der lebende Muskel leitet etwa 3 Millionen mal schlechter als reines Quecksilber und 115 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Der todte Muskel leitet etwa 1,68 Millionen mal schlechter als Quecksilber und 62 Millionen mal schlechter als Kupfer.

2. Diese Widerstandsabnahme bei dem Absterben beruht auf einer Anhäufung gutleitender Zersetzungsproducte schlecht- oder nichtleitender Muskelsubstanzen. Die im Muskel bei dem Absterben auftretende Säure spielt für diese Verbesserung des Leitungsvermögens die Hauptrolle.

3. Die von du Bois-Reymond entdeckte Widerstandsabnahme der Muskeln beim Kochen erklärt sich aus demselben Vorgange, ebenso die Herabsetzung des Leitungswiderstandes, welche nach der Entdeckung du Bois-Reymond's die Muskelcontraction begleitet.

4. Nach vorausgegangenen erschöpfenden Muskelcontractionen ist die Widerstandsabnahme bei dem Absterben weit geringer als bei vorher geruhten Muskeln, d. h.: die Menge des bei der Todtenstarre zersetzbaren Muskelstoffes nimmt durch vorausgehende tetanische Krämpfe bedeutend ab.

5. Die Leitungswiderstandsabnahme bei dem Absterben des Muskels, die Menge des bei der Todtenstarre zersetzbaren Stoffes unterliegt sehr bedeutenden individuellen Schwankungen,

6. ebenso die Grösse des Verlustes an zersetzbaren Stoffen, Verminderung der Leitungswiderstandsabnahme, durch den Tetanus. —

Anhang

Schon Eingangs habe ich die Beobachtung du Bois-Reymond's angeführt, dass die pflanzlichen Gewebe wie der Muskel ihren galvanischen Leitungswiderstand durch Kochen vermindern.

Meine Versuche bestätigen dies Resultat speciell für die Kartoffel und fügen noch die negative Beobachtung bei, dass durch Erwärmen auf 45^0 C. und langes Liegen im feuchten Raume diese Abnahme nicht erzielt werden kann.

Die Erklärung des Phänomens bei der gekochten Kartoffel bleibt mutatis mutandis wohl dieselbe wie bei dem gekochten und todtenstarren Muskel. Die frische Kartoffel reagirt sauer.

Tabelle XVI.

Widerstandsabnahme der Kartoffel durch Kochen.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM.	Länge a in CM.	Berechneter Widerstand in Meilen T.D.
Prisma aus Kartoffel geschnitten frisch Nr. 1.	50	1,2	98,5 98,7 97,0 99,7 99,7	51,5 51,3 53,0 50,3 50,3	Im Mittel 96,2 — 1,2 = **95,0** Meil. T.D.
		Im Mittel =	98,7	51,3	
20′ in Dampf gekocht. Nach 1^h Abkühlen	50	1,2	20,0	130,0	7,7 — 1,2 = **6,5** Meil. T.D.
Prisma aus Kartoffel geschnitten frisch Nr. 2.	50	1,2	86,5 87,8 87,2 86,5 86,7	63,5 62,2 62,8 63,5 63,3	Im Mittel 70,4 — 1,2 = **69,2** Meil. T.D.
		Im Mittel =	86,9	63,1	
20′ in Dampf gekocht. Nach 1^h Abkühlen	50	1,2	16,5	133,5	6,2 — 1,2 = 5,0 Meil. T.D.

Die Abnahme des Leitungswiderstandes durch Kochen ist bei der Kartoffel demnach ein enormer. Der Widerstand der frischen Kartoffel = 1 gesetzt, so verhält sich ihr Widerstand zu der gekochten wie

Nr. I. 1 : 0,070.

Nr. II. 1 : 0,072.

In folgender Tabelle sind die negativen Resultate bei Erwärmen auf 45⁰ C. und längerem Liegen im feuchten Raum zusammengestellt. Sie erklären sich von selbst.

Tabelle XVII.

Kartoffeln auf 45⁰ C. erwärmt.

Versuchsobject und sein Zustand.	Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D.	Widerstand der Elektroden in Meilen T.D.	Länge b in CM.	Länge a in CM.
Nr. I. Kartoffelprisma frisch	50	1,2	89,4 89,5	60,6 60,5
5′ lang in Dampf auf 45⁰ C. erwärmt 20′ abgekühlt	50	1,2	90,0	60,0
Nr. II. Kartoffelprisma frisch	50	1,2	92,5 93,5	57,5 56,5
5′ lang in Dampf auf 45⁰ C. erwärmt 20′ abgekühlt	50	1,2	93,5	56,5
Nr. III. Kartoffelprisma frisch	50	1,2	83,4 84,5	66,6 65,5
5′ lang in Dampf auf 45⁰ C. erwärmt 20′ abgekühlt	50	1,2	84,0	66,0
Nach 16ʰ die Kartoffel ist welk	50	1,2	92,0	58,0

Zweites Capitel.

Der Wassergehalt des Muskels.

§ 1.

Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Wir haben unsere Untersuchung in dem vorigen Capitel verlassen, mit der ziemlich sicheren Vermuthung, dass der Tetanus mit einem Stoffverlust von Seite des Muskels verbunden sei.

Es war uns diese Annahme sehr wahrscheinlich geworden, da unsere Kenntnisse von der Einwirkung des Blutes auf die in den Geweben sich bildenden Zersetzungsproducte alle darauf hinweisen, dass sich letztere nicht lange dort zu halten vermögen, ohne in das Blut aufgenommen zu werden, um von hier entweder nach weiteren Zersetzungen und Oxydationen oder direct ausgeschieden zu werden.

Die Erfahrung, dass ein bedeutender Theil alles im Muskel befindlichen zur physiologischen Zersetzung disponirten Stoffes im Tetanus zersetzt werden kann, machte es wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil dieser gebildeten Zersetzungsproducte sogleich durch die Wirkung der Diffusion aus dem Muskel ausgewaschen werde, dass der Muskel im Tetanus demnach stoffärmer werden müsse.

Wir brauchen uns nach dieser Auseinandersetzung der obwaltenden Verhältnisse nicht zu fürchten, wie dies Helmholtz bei seinen Untersuchungen vermuthete,[1]) dass durch das Dazwischentreten des Blutes etwaige durch den Tetanus herbeigeführte chemische Unterschiede im Muskel des lebenden Thieres sogleich wieder ausgeglichen würden.

Wir werden dies jetzt um so weniger zu fürchten haben, da wir ja schon so energische Aenderungen in der chemischen Constitution des

1) Müller's Archiv. 1845.

Muskels in dem vorausgegangenen Capitel haben kennen lernen, welche trotzdem, dass der Muskel noch den Einflüssen der Circulation ausgesetzt war — die Vergiftung geschah ja an dem unversehrt lebenden Thiere, — oder wohl gerade deswegen sich so deutlich herausstellten.

Eine solche auf Diffusion gegründete Stoffabnahme des Muskels, wie wir uns die durch das Blut vermittelte vorstellen müssen, ist nicht denkbar ohne eine *Vermehrung seines Wassergehaltes*. Das Blut wird dem Muskel ein entsprechendes Gewicht an Wasser zurückgeben, für das was es ihm an diffundirbarem Stoffe entzogen hat. Wir müssen darum von vorn herein den Muskel nach dem Tetanus wasserreicher erwarten, als vor demselben im Zustande der Ruhe. — Es musste diese Vermuthung geprüft werden.

Ich bediente mich auch zu dieser Untersuchung des Strychnintetanus, um deutliche Erfolge erwarten zu können. Das Verfahren bei der vergleichenden Wasserbestimmung war folgendes.

Dem zur Untersuchung verwendeten Frosch wurde durch einen Zirkelschnitt um den Oberschenkel, seiner obern Grenze so nahe als möglich, die Haut getrennt. Um den so präparirten Oberschenkel wurde ein starker nicht zu dünner Faden geschlungen und durch starkes Anziehen des Fadens die Muskeln bis auf den Knochen durchschnitten. Durch diese Manipulation wurde alle Blutung vermieden, so dass nun die abgebundene Extremität ohne einen Tropfen Blut aus dem Rumpfe zu verlieren, abgeschnitten werden konnte.

Das abgeschnittene Bein wurde sogleich durch Pressen und Streichen von dem Fuss aus zum Schenkel so weit als möglich von dem in ihm enthaltenen Blute befreit, die Muskelwunde so lange mit Filtrirpapier getrocknet, bis sich auf letzterem keine Blutspuren mehr erkennen liessen. Hierauf wurde, während sich das Bein immer noch in seiner Hautbedeckung, um möglichst alle Verdunstung zu vermeiden, befand, der obere mit anhaftendem Blutfarbestoff verunreinigte Muskeltheil des Oberschenkels mit der Schere entfernt, die Haut rasch abgezogen, der Schenkel nochmals im Ganzen mit Fliesspapier getrocknet, um ihn von aller anhaftenden Lymphe zu befreien, und ein Theil des Oberschenkelfleisches mit einer Schere abgetrennt, und sogleich in einem vorher gewogenen Uhrglasapparat verschlossen und gewogen. Die Manipulation muss sehr sorgfältig vorgenommen werden, da man sonst nie vor Täuschungen sicher sein kann; besonders könnte dazu

die anhaftende Lymphe Veranlassung geben, welche manchmal noch in ziemlicher Menge vorhanden ist, so dass sich das zum Abtrocknen verwendete Papier in ziemlicher Ausdehnung genässt zeigen kann. Auch die Entfernung des Blutes aus den Muskeln muss natürlich sehr sorgfältig geschehen; so lange sich auf dem zum Trocknen der Muskelwunde verwendeten Papier nur noch eine Spur von Blutfarbestoff zeigt, ist die Procedur des Auspressens noch nicht vollendet. Auf der anderen Seite wird jede Verzögerung des definitiven Verschlusses in den Uhrglasapparat mit einem Verlust an Wasser verbunden sein, der hier, wo es sich vielleicht um minimale Unterschiede im Wassergehalt handelt, nicht unberücksichtigt bleiben kann. Wie gross diese gefürchtete Wasserverdunstung ist, sieht man deutlich, nachdem man den Muskel in den Wiegapparat gebracht hat. Die beiden aufgeschliffenen Uhrschalen, welche durch eine Messingklemme vereinigt den Apparat bilden, beschlagen sich sogleich mit feinen Wassertröpfchen, die nach und nach zusammenfliessen und einen grösseren Tropfen bilden.

Nachdem diese Procedur vorgenommen ist, und der Muskel gewogen wurde, wird der Frosch, dessen einen Oberschenkel man schon zur Untersuchung verwendete, durch eine Hautwunde mit Strychnin vergiftet in der Weise, wie dies schon oben angegeben wurde.

Nach 30 Minuten etwa wurde auch der zweite Schenkel vom Rumpfe getrennt und in ganz gleicher Weise behandelt wie der erste, sodann ebenfalls mit aller Vorsicht ein Stück seines Oberschenkelfleisches in einem vorher tarirten Uhrglasapparat gewogen.

Das Trocknen des Fleisches wurde, indem der Muskel auf der einen Uhrschale des Apparates liegen blieb, in einem vortrefflich geheizten Wasserbad bei der Temperatur des siedenden Wassers vorgenommen. Nach zweimal 24 Stunden war in allen Fällen das Gewicht des Rückstandes constant geworden, um jedoch vor allen möglichen Fehlerquellen gesichert zu sein, wurde er noch 24 Stunden unter einer grossen Luftpumpe, welche eine Luftverdünnung bis auf zwei Linien Barometerstand nicht nur zuliess, sondern auch constant behielt, über Chlorcalcium weiter getrocknet. Das Gewicht wurde dadurch meist gar nicht weiter beeinflusst. Aus dem luftverdünnten Raum herausgenommen, wurde der trockene Fleischrückstand wieder mit der zweiten Uhrschale bedeckt, der Apparat geschlossen und gewogen.

Ich gebe alle Handgriffe bei der vorliegenden Untersuchung aus keinem anderen Grund in ganzer Ausdehnung an, nicht als ob in ihnen etwas Neues gegeben würde, sondern nur um zu zeigen, dass ich bei diesen wichtigen Bestimmungen keinerlei Vorsicht aus dem Auge gelassen habe. Aus dem gleichen Grunde werde ich die ganzen Versuchsprotokolle im Folgenden mittheilen.

Versuche.

Vergleichende Wasserbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Muskelfleisch = 2,9121 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5710 Gramm;
2,9121 : 0,5710 = 100 : 19,6.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,9329 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,7175 Gramm;
3,9329 : 0,7175 = 100 : 18,2.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt = **19,6** %.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen beträgt = **18,2** %.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **1,4** % des feuchten Muskels.

Versuch Nr. II.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,0764 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,6349 Gramm;
3,0764 : 0,6349 = 100 : 20,6.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,7886 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,7070 Gramm;
3,7886 : 0,7070 = 100 : 18,6.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt = **20,6 %**.

Der Gehalt des tetanisirten an festen Stoffen = **18,6 %**.

Die Zunahme des Wassers infolge des Tetanus beträgt hier = 2,0 % des feuchten Muskels.

Versuch Nr. III.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,6902 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5456 Gramm;
2,6902 : 0,5456 = 100 : 20,3.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,4028 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5970 Gramm;
3,4028 : 0,5970 = 100 : 17,5

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **20,3 %**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **17,5 %**.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **2,8 %** des feuchten Muskels.

Versuch Nr. IV.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,1650 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4573 Gramm;
2,1650 : 0,4573 = 100 : 21,1.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,5547 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4717 Gramm;
2,5547 : 0,4717 = 100 : 18,4.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **21,1 %**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **18,4 %**.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **2,7 %** des feuchten Muskels.

Versuch Nr. V.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,7707 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5357 Gramm;
2,7707 : 0,5357 = 100 : 19,3.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,2271 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5848 Gramm;
3,2271 : 0,5848 = 100 : 18,1.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **19,3** %.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **18,1** %.

Es hat demnach infolge des Tetanus eine Zunahme des Wassers, und zwar um **1,2** % des feuchten Muskels, stattgefunden.

Versuch Nr. VI.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,7765 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4775 Gramm;
2,7765 : 0,4775 = 100 : 17,2.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,2745 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5464 Gramm;
3,2745 : 0,5464 = 100 : 16,6.

Es hat demnach auch hier eine Zunahme an Wasser infolge des Tetanus stattgefunden, doch im Verhältniss zu den vorstehenden Resultaten nur eine geringe.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen betrug
= **17,2** %.

Der Gehalt des tetanisirten = **16,6** %.

Die Zunahme an Wasser ist **0,6** % der feuchten Muskelsubstanz.

Stellen wir die gewonnenen Resultate zur besseren Uebersicht tabellarisch zusammen.

Tabelle
der vergleichenden Wasserbestimmungen.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Muskels.	Gehalt an Wasser.	Gehalt an festen Stoffen.	Procentischer Unterschied der beiden Muskeln an festen Stoffen auf die feuchte Masse gerechnet.	Procentischer Unterschied der beiden Muskeln an festen Stoffen auf diese selbst gerechnet.
1.	geruht tetanisirt	80,4 81,8	19,6 18,2	1,4	7,2
2.	geruht tetanisirt	79,4 81,4	20,6 18,6	2,0	9,7
3.	geruht tetanisirt	79,7 82,5	20,3 17,5	2,8	13,8
4.	geruht tetanisirt	78,9 81,6	21,1 18,4	2,7	12,8
5.	geruht tetanisirt	80,7 81,9	19,3 18,1	1,2	6,2
6.	geruht tetanisirt	82,8 83,4	17,2 16,6	0,6	3,0
Im Mittel	**geruht tetanisirt**	**80,4 82,1**	**19,6 17,9**	1,7	8,8

Wir ziehen aus den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen den äusserst wichtigen Schluss:

Der Tetanus ist stets mit einer nicht unbedeutenden procentischen Verminderung der festen Stoffe des Muskels verbunden, mit welcher eine procentische Zunahme des Wassergehaltes correspondirt.

Die Zusammensetzung des Muskels beträgt im Mittel aus unseren Beobachtungen:

1) im geruhten Zustand: **80,4** % Wasser,
19,6 % feste Stoffe;

2) tetanisirt . . . . : **82,1** % Wasser,
17,9 % feste Stoffe;

d. h. während des Strychnintetanus hat das Wasser zugenommen im Verhältnisse von 1000 : 1021.

§ 2.

Einfluss des Wassergehaltes des geruhten Muskels auf den Tetanus.

Wir finden bei der Bestimmung des Wassergehaltes im Muskel dieselbe Erscheinung, der wir schon bei der Bestimmung des Leitungswiderstandes begegnet sind:

Die Einwirkung des Tetanus auf den Wassergehalt des Muskels ist individuellen Schwankungen ausgesetzt. Bei dem einen Individuum ist die Einwirkung des Tetanus eine sehr bedeutende, während er bei einem anderen viel weniger stark in seinen Wirkungen hervortritt, ohne dass wir es von vorneherein den Thieren ansehen könnten, wie bei ihnen sich der Tetanus gestalten werde. Die Thiere, die zur Untersuchung benützt wurden, waren von demselben Fang, gleich lang unter den gleichen Bedingungen zusammen aufbewahrt.

Es ist schon der Erfahrung Erwähnung gethan, dass auch die äusserlich sichtbare Erscheinung des Strychnintetanus solche individuelle Schwankungen zu erkennen giebt. Während eine Anzahl Frösche 20—36 Minuten lang in den heftigsten tetanischen Zuckungen verharren, werden andere schon nach einer geringen Anzahl unterbrochener Krampfanfälle nach wenigen Minuten reactionslos auf Hautreize.

Es war versäumt worden, bei den Bestimmungen des Leitungswiderstandes ein näheres Augenmerk auf den Zusammenhang dieser geringeren Leistung mit etwaigen geringeren Veränderungen der Muskelsubstanz zu richten. Bei den vergleichenden Wasserbestimmungen wurde dies Versäumniss nachgeholt.

Bei Versuch Nr. V und VI findet sich in dem Versuchsprotokolle bemerkt: sehr schwacher Tetanus. Und infolge dieses schwachen Tetanus, infolge der geringeren Leistung der Muskeln sehen wir auch eine geringere Wasserzunahme in dem Muskel vertreten. Während im Maximum der procentische Verlust 13,8 % der festen Stoffe beträgt, beträgt er in den beiden angeführten Fällen nur 6,2 % und 3,0 %. Das Ergebniss muss so formulirt werden:

Geringere Leistung des Muskels geht mit geringerer Wasserzunahme desselben Hand in Hand: Leistung und Wasserzunahme des Muskels stehen in einem geraden Verhältnisse zu einander.

Noch einen weiteren Einblick in die Stoffveränderung bei Bewegung gestatten unsere gewonnenen Resultate. Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass je grösser die anfängliche Menge der festen Stoffe vor der Bewegung ist, je mehr feste Stoffe der Muskel im Zustande der Ruhe besitzt, um so stärker ist die Vermehrung des Wassers durch den Tetanus. Die Reihe ist folgende:

Feste Stoffe des geruhten Muskels.	Procentische Verringerung derselben durch den Tetanus.
17,2 %	3,0 %
19,3	6,2
19,6	7,2
20,6	9,7
21,1	12,8

Die Beobachtung, welche eine Ausnahme zu machen scheint, ist die Nr. III. Bei 20,3 % festen Stoffen betrug die procentische Verminderung 13,8 %. Die obigen Zahlen beweisen mit dieser Einschränkung, die jedoch principiell keinen Widerspruch involvirt: auch hier wird mit einer bedeutenden Menge fester Stoffe eine bedeutende Vermehrung des Wassergehaltes beobachtet:

Je grösser die in dem Muskel vorhandene Stoffmenge in der Ruhe ist, desto stärker kann im Tetanus die Wasserzunahme sein. Und da wir gesehen haben, dass die Leistung mit der Wasserzunahme bei dem Tetanus in einem directen Verhältniss steht, so heisst diese Beobachtung:

Je mehr feste Stoffe der geruhte Muskel enthält, desto grösser sind seine möglichen Leistungen. Oder:

Der Wassergehalt des Muskels steht in einem entgegengesetzten Verhältniss zu seiner Leistungsfähigkeit.

Wir werden sogleich sehen, unter welchen nicht unwichtigen Einschränkungen dieser Satz seine allgemeine Geltung behauptet.

§ 3.

Einfluss des Lebensalters auf den Wassergehalt des ruhenden Muskels.

Gestützt auf die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche und ihre Resultate, welche uns die Leistungsfähigkeit des Muskels als eine Function seiner bei 100° C. beständigen Stoffmenge haben erkennen lassen, können wir es uns nicht versagen, noch auf einige weitere, theils schon

bekannte, aber nicht gehörig gewürdigte, theils erst neu erkannte Bedingungen einzugehen, welche sich von Einfluss auf den Wassergehalt und damit auf die Menge der festen Stoffe des Muskels erweisen.

Wenden wir unser Augenmerk zuerst auf den physiologischen Wassergehalt der Muskeln in den verschiedenen Lebensaltern derselben Thierspecies.

Es ist eine ganz allgemein bekannte Thatsache, dass wie alle Gewebe z. B. das Gehirn, so auch der Muskel bei jungen Thieren einen grösseren Wasserreichthum zeigen als bei älteren.

So enthält beispielsweise nach Schlossberger[1]) ein

Kalb (4 Wochen alt) 79,7 %
Kalb (¼ Jahr alt) . 78,2 %
Ochs . . . . . . 77,0 %

an Wasser im willkürlichen Muskel.

Bei der Ente ist dies noch auffallender:

Ente (eben ausgeschlüpft) 85,4 %
Ente (wild) . . . . . 72,0 %.

Bei einem jungen Hund, 5 Tage alt, waren nach meiner Beobachtung im Muskel:

21 % feste Stoffe,
79 % Wasser,

während bei ausgewachsenen Hunden die Muskeln 75 % Wasser enthalten.

Ganz ähnlich ist es beim Menschen: auch hier trifft die Zeit des geringsten Wassergehalts des Muskels mit der Zeit seiner grössten Leistungsfähigkeit zusammen. Nach E. Bischoff enthielten die Muskeln eines Neugeborenen 81,8 %, die eines gesunden Erwachsenen 75,7 % Wasser.

Diese Erfahrung kann demnach ebenfalls formulirt werden, wie wir es schon in dem vorstehenden Paragraphen versucht haben:

Auch aus der Beobachtung des Wassergehalts des Muskels in den verschiedenen Lebensaltern — Jugend und kräftiges Mannesalter beim Menschen — lässt sich die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von der Menge der im Muskel vorhandenen festen Stoffe erkennen.

Das Gesetz, welches in dem Zusammenfluss dieser verschiedenen

---

1) Chemie der Gewebe des gesammten Thierreichs. Bd. II. pag. 169. (1856.)

Thatsachen zu Tage tritt, scheint sich auf den ersten Blick, wenigstens für das höhere Alter der Thiere und speciell des Menschen nicht zu bewahrheiten. Die festere, zähere Fleischfaser alter Thiere und Menschen scheint dafür zu sprechen, dass das Wasser des Muskels im Alter eher ab als zunehme. Es ist darum nicht unnöthig einige Bestimmungen des Wassergehaltes der Muskeln bei ganz alten Individuen, welche mir zu Gebote stehen, hier vergleichungsweise mitzutheilen. An denselben Individuen wurden gleichzeitig auch eine Reihe anderer Organe auf ihren Wassergehalt geprüft; ich theile auch die hierbei gewonnenen Resultate gleichzeitig mit.

Wasserbestimmungen in den verschiedenen Geweben alter Individuen.

Nr. I.

Frau. 73 Jahre alt. Todesart: Marasmus. Nicht wassersüchtig, stark abgemagert.

Gewicht = 35700 Gramm,
Länge = 159 CM,
Gehirngewicht = 940 Gramm,
Rückenmark = 36 -

1. Muskelfleisch (Biceps)
   feucht = 16,1099 Gramm,
   trocken = 3,0282 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen: 18,8 %
   - - - Wasser . . . 81,2 %
   Fettgehalt des trockenen Fleisches (Aetherextract) 5,5 %
   - - nassen - . . . . . 1,03 %.
2. Haut (fettlos)
   feucht = 6,3322 Gramm,
   trocken = 1,3250 -
   danach Gehalt an festen Stoffen 20,9 %
   - - - Wasser . . . 79,1 %.
3. Nervengewebe (Plexus brachialis)
   feucht = 4,9952 Gramm,
   trocken = 1,1502 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 23,0 %
   - - - Wasser . . . 77,0 %

4. Fettgewebe (aus der Achselhöhle)

feucht = 14,0761 Gramm,
trocken = 2,6904 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 19,1 %
- - - Wasser . . . 80,9 %.

5. Rückenmark und verlängertes Mark (ohne Nervenwurzeln)

feucht = 24,6206 Gramm,
trocken = 7,0970 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 29,2 %
- - - Wasser . . . 70,8 %.

6. Gesammthirn. (die Hälfte des Gehirns wurde zu einem gleichmässigen Brei im Mörser zerstossen)

feucht = 45,4646 Gramm,
trocken = 10,3510 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 22,8 %
- - - Wasser . . . 77,2 %.

7. Weisse Substanz des Gehirns (grosse Hemisphären)

feucht = 11,9536 Gramm,
trocken = 3,8472 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 32,2 %
- - - Wasser . . . 67,8 %
Stickstoffgehalt der trockenen Masse = 6 %.

8. Graue Gehirnmasse (Oberfläche der grossen Hemisphären)

feucht = 8,2878 Gramm,
trocken = 1,3600 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 16,36 %
- - - Wasser . . . 83,64 %
Stickstoffgehalt der trockenen Masse 9,7 %.

Nr. II.

Mann. 64 Jahre alt. Todesart: Marasmus. Ebenfalls stark abgemagert, nicht wassersüchtig.

Gewicht = 34900 Gramm,
Körperlänge = 156 CM.
Gehirngewicht = 1245 Gramm,
Rückenmark = 44 -

1. Muskelfleisch (Biceps)

feucht = 12,9232 Gramm,

trocken = 1,9620 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 15,2 %

- - - Wasser . . . 84,8 %

Fettgehalt des trockenen Fleisches 5,0 %.

2. Gesammthirn.

feucht = 5,8613 Gramm,

trocken = 1,1428 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 19,5 %

- - - Wasser . . . 80,5 %.

3. Weisse Gehirnmasse (grosse Hemisphären)

feucht = 6,9203 Gramm,

trocken = 1,8709 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 27,0 %

- - - Wasser . . . 73,0 %.

4. Graue Gehirnmasse (Oberfläche der grossen Hemisphären)

feucht = 5,6749 Gramm,

trocken = 0,7245 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 12,8 %

- - - Wasser . . . 87,2 %.

5. Rückenmark

feucht = 5,4960 Gramm,

trocken = 1,4895 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 27,1 %

- - - Wasser . . . 72,9 %.

Stellen wir die Procentzahlen tabellarisch zusammen:

	Mann.		Frau.	
Muskel	15,18	—	18,8	feste Stoffe
Gesammthirn . .	19,5	—	22,8	- -
Weisse Gehirnmasse	27,0	—	32,2	- -
Graue -	12,8	—	16,4	- -
Rückenmark . . .	27,1	—	29,2	- -

Wir beobachten danach einen ganz enorm grossen Wasserreichthum des Muskels bei alten, scheinbar ganz ausgetrockneten Individuen. Dieser Wasserreichthum und die damit Hand in Hand gehende Stoffarmuth des Muskels wird noch deutlicher, wenn wir die in ihnen

enthaltene Fettmenge — Aetherextractmenge — von der Gesammtmenge der festen Muskelstoffe abziehen.

Nach dieser Beobachtung schliesst sich demnach das Alter dem Gesetze, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels im geraden Verhältnisse zur Menge seiner festen Stoffe und im umgekehrten Verhältnisse zu seiner Wassermenge stehe, auf das Vollkommenste an.

Die Menge an festen Muskelstoffen nimmt wie die Leistungsfähigkeit des Muskels von der Jugend bis zum Mannesalter zu, von da an nehmen beide bis zum Greisenalter wieder entsprechend ab. So erklärt sich auch einfach der höhere Wassergehalt der Muskeln weiblicher Individuen.

Das *Wasser* spielt in diesen Fällen sicher die Rolle einer *Hemmungsvorrichtung* für die Zersetzung der Muskelstoffe. Durch das Dazwischentreten einer grösseren Menge Wassers zwischen die Moleküle wird ihre Einwirkung auf einander wesentlich abgeschwächt werden. Derselbe Grund schützt die Moleküle gleichzeitig bis zu einem gewissen Grade vor den zersetzenden Einwirkungen der äusseren Reize, da jene in gleichen Zeiten und auf gleichem Raume weniger zersetzbares Material vorfinden. Dies ist offenbar mit ein Grund sowohl für die geringeren Zersetzungen in einem wasserreicheren Muskel wie für seine geringeren Arbeitsleistungen, wie dies im Alter beobachtet wird.

Ein Blick auf vorstehende kleine Tabelle lehrt uns, dass eine Abnahme an festem Stoff im Muskel Hand in Hand geht mit einer Abnahme an Stoff in den nervösen Geweben, Gehirn und Rückenmark, und zwar ist es besonders die graue Masse des Gehirns, welche noch mehr wie der Muskel, in den beiden vorliegenden Fällen wenigstens, unter den aufreibenden Einflüssen gestörter Ernährung — Marasmus — gelitten hat. Es war von vorneherein klar, dass eine Ernährungsstörung des Gesammtorganismus sich an allen Geweben desselben wirksam erweisen würde. Doch ist die Gleichmässigkeit der Wirkung bei den verschiedenen Geweben durchaus kein Postulat der Vernunft. Die Gewebe, welche dem raschesten Stoffwechsel unterliegen, wie Muskel und Drüsen, werden auch zuerst nachweislich in ihren Functionen gestört werden müssen, wenn eine Abnahme an Masse ohne ersetzende Anbildung in höherem Maasse sich einstellt, und wir sehen diesen Effect der gestörten Ernährung wirklich täglich vor Augen. Hingegen scheint das Nervengewebe, wenigstens das Centralorgan der Erinnerung, das

Gehirn, sich in grosser Ausdehnung frei von diesen Störungen des Gesammtorganismus erhalten zu können. Wir sehen bei ausgedehnten körperlichen Ernährungsstörungen nicht selten die geistigen Functionen noch in voller Frische, während die übrigen körperlichen Functionen z. B. Arbeitsleistung ganz darniederliegen. Der Grund hiefür scheint einzig darin zu liegen, dass der Stoffwechsel im Gehirne und den nervösen Geweben überhaupt ein sehr geringer ist; dass sich demnach alle Störungen des Gesammtorganismus erst in den weiter gehenden Fällen auf die chemische Zusammensetzung dieser Organe von erkennbarem Einfluss zeigen werden.

Wie gering der Stoffumsatz in den Nerven selbst sein mag, lässt sich aus der Erfahrung abnehmen, dass der galvanische Leitungswiderstand derselben sich bei dem Uebergang aus dem lebenden in den todten Zustand nicht zu ändern scheint, dass die Aenderungen jedenfalls in die Fehlergrenzen der Beobachtung fallen.

Der Stoffumsatz im Nerven und den nervösen Centralorganen ist sicher aus dem Grunde ein so geringer, weil die Blutzufuhr zu diesen Geweben eine ziemlich geringe ist.

Trotzdem aber dass wir die nervösen Centralorgane bis zu einem gewissen Grade unabhängig wenigstens von augenblicklichen Ernährungsstörungen sehen, finden wir in den beiden mitgetheilten Fällen unter dem Einfluss eines anhaltenden Ernährungsmangels eine ganz enorme Abnahme an festen Stoffen in ihnen eingetreten:

Bei anhaltender Ernährungsstörung sehen wir die Abnahme an festen Stoffen im Muskel Hand in Hand gehen mit einer wenigstens eben so starken Abnahme an festen Stoffen im Gehirn und Rückenmark.

Gewiss gelten die Auseinandersetzungen über den Wassergehalt des Muskels als einer Hemmungseinrichtung in Beziehung auf die Zersetzung und damit der Leistungsfähigkeit ebenso für das Nervengewebe wie für den Muskel. Auch hier wird die Einwirkung der einzelnen Massentheilchen auf einander, die Einwirkung der äusseren Reize auf dieselben durch das Dazwischentreten einer grösseren Menge Wassers geschwächt werden müssen. Im Verein mit einem geringeren Consum an Stoff werden wir eine geringere Leistungsfähigkeit erwarten müssen.

So erklärt sich das Zurücksinken des Greisenalters in die Kindheit in Beziehung auf die intellectuellen Fähigkeiten vielleicht schon aus

dem grösseren Wassergehalte des Gehirns, aus der Rarefication der nervösen Elemente, welche das Kindes- und das Greisenalter gemeinsam auszeichnet.

§ 4.

Verschiedener Wassergehalt der Muskeln desselben Individuums.

Wir haben bisher das Gesetz von dem Abhängigsein der Leistungsfähigkeit von der Masse an festen Stoffen im Muskel ausnahmslos bewahrheitet gefunden. Es erübrigt noch einige Einschränkungen, welchen es unterliegt, zu besprechen.

Wir begegnen der ersten scheinbaren Ausnahme von diesem Gesetze bei der Untersuchung des Wassergehaltes in verschiedenen Muskeln desselben Individuums. Ich lasse sogleich die an Kaninchen von mir angestellten vergleichenden Wasserbestimmungen der verschiedenen Muskeln folgen. Die Bestimmungen wurden mit grösstmöglicher Vorsicht angestellt. Das Fleisch wurde sogleich nach der Trennung von dem warmen, noch zuckenden Körper in dem Uhrglasapparate verschlossen. Es zeigte sich diese Vorsichtsmaassregel bei allen Muskeln von grösster Wichtigkeit. Eine bedeutende Wassermenge verdichtete sich in dem luftdichtverschlossenen Apparate, welche unter anderen Umständen ungewogen verschwunden wären. Besonders stark war die Wasserverdunstung bei dem Herzen.

Bestimmung des Wassergehaltes der verschiedenen lebenden Muskeln vom Kaninchen.

1. Rückenmuskeln.

a. Erstes Kaninchen,
feucht = 1,3195 Gramm,
trocken = 0,3372 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 25,5 %
„ „ „ Wasser . . . 74,5 %

b. Zweites Kaninchen,
feucht = 8,5584 Gramm,
trocken = 2,1249 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 24,82 %
„ „ „ Wasser . . . 75,18 %

2. Schenkelmuskel (blass),
feucht = 1,5118 Gramm,
trocken = 0,3706 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 24,2 %
„ „ „ Wasser . . . 75,8 %

3. Schenkelmuskel (roth),
feucht = 1,2264 Gramm,
trocken = 0,2860 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 23,5 %
„ „ „ Wasser . . . 76,5 %

4. Bauchmuskeln,
feucht = 2,8785 Gramm,
trocken = 0,6975 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 24,2 %
„ „ „ Wasser . . . 75,8 %

5. Herz (Kammern),
feucht = 3,4882 Gramm,
trocken = 0,6968 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 20,0 %
„ „ „ Wasser . . . 80,0 %

Eine andere Versuchsreihe an einem zweiten Thiere ergab ganz analoge, wenn auch weniger in die Augen springende Resultate. Das Versuchsthier war ebenfalls ein Kaninchen.

1. Rückenmuskeln,
feucht = 2,6120 Gramm,
trocken = 0,6240 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 23,9 %
„ „ „ Wasser . . . 76,1 %

2. Schenkelmuskel (blass),
feucht = 2,0213 Gramm,
trocken = 0,4657 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 23,0 %
„ „ „ Wasser . . . 77,0 %

3. Schenkelmuskel (roth),
feucht = 1,4040 Gramm,
trocken = 0,3278 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 23,3 %
„ „ „ Wasser . . . 76,7 %

4. Herz (Kammern),

feucht = 3,4757 Gramm,

trocken = 0,7527 „

demnach Gehalt an festen Stoffen 21,6 %

„ „ „ Wasser . . . 78,4 %

Die Unterschiede in dem Wassergehalte der einzelnen Muskeln sind demnach nicht unbedeutend. Es ergicbt sich sogleich, dass ein Zusammenhang des Wassergehaltes und der von dem Muskel in der Zeiteinheit von dem Organismus geforderten Arbeitsleistung besteht.

Die bei Kaninchen wenig thätigen Rückenmuskeln besitzen am wenigsten Wasser; das Herz, der thätigste Muskel des ganzen Organismus, am meisten.

E. Bischoff gewann das gleiche Resultat am Menschen:

1. Erwachsener:

Muskeln . .	75,7 %
Herz . . .	79,2 %

2. Neugeborener:

Muskeln . .	81,8 %
Herz . . .	83,3 %

Es scheint demnach das Gesetz hier in umgekehrter Weise aufzutreten, indem die leistungsfähigsten Muskeln den grössten Wassergehalt erkennen lassen. Eine einfache Ueberlegung zeigt jedoch, dass gerade in dieser scheinbaren Ausnahme die schönste Bestätigung des gefundenen Gesetzes beruht:

In dem Einzelorganismus sind deswegen die leistungsfähigsten Muskeln die wasserreichsten, weil sie die angestrengtesten sind.

Anstatt demnach einer Beeinträchtigung der Allgemeingültigkeit des Gesetzes hier zu begegnen, treffen wir auf einen directen Beweis unserer bei anderen Untersuchungen gewonnenen Beobachtung, dass die Muskelaction mit einer Abnahme an festen Stoffen im Muskel verbunden sei. Die Blutcirculation ist nicht im Stande, die Unterschiede in der Zusammensetzung verschiedener Muskeln desselben Organismus auszugleichen.

Das Gesetz muss sich schliesslich auch noch so nachweisen lassen, dass Thiere, welche gewöhnt sind, sich stärker zu bewegen, weniger

Wasser in den Muskeln enthalten, als solche Thiere, welche ihren Muskeln weniger Arbeit zumuthen.

Leider stehen mir hiefür wenig eigene Beobachtungen zu Gebote, doch genügen schon die von Bibra gewonnenen Zahlen:

	Wasser:
Taube (zahm) .	74 %
Ente (wild) . .	72 %
Falke	71 %
Schwalbe . . .	70 %

Meine eigenen Beobachtungen geben folgendes Resultat, in umgekehrter Ordnung wie in der vorstehenden Tabelle:

	Wasser:		feste Stoffe:
Schwein . .	78,6 %	—	21,4 %
Kaninchen .	75,7 %	—	24,3 %
Katze . . .	74,9 %	—	25,1 %

Das Resultat ist augenscheinlich dasselbe wie in vorstehender Reihe.

Bei dem Schweine liegt mir auch eine Beobachtung über den Wassergehalt der verschiedenen Muskeln desselben Thieres vor. Ich untersuchte den Wassergehalt der Muskeln von verschiedenem Fettgehalt. Die Fettmenge in dem Fleische wurde nur dem Ansehen der Fleischstücke nach geschätzt. Das Resultat ist folgendes:

Wasserbestimmung in verschiedenen Muskeln desselben Schweines.

1. Mageres Stück (fleischroth),
   frisch = 1,1797 Gramm,
   trocken = 0,2475 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 21,0 %
   „ „ „ Wasser . . . 79,0 %
2. Fleisch etwas fetter (weniger roth),
   frisch = 1,3134 Gramm,
   trocken = 0,2784 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 21,1 %
   „ „ „ Wasser . . . 78,9 %

3. Fleisch sehr fett (weissroth),

frisch = 1,2015 Gramm,

trocken = 0,2673 „

demnach Gehalt an festen Stoffen 22,2 %

„ „ „ Wasser . . . 77,8 %

Wir beobachten hier eine Abnahme des Wassergehaltes correspondirend der Zunahme an Fett im Muskel. Diese Erscheinung kann uns nicht in Erstaunen setzen, wenn wir bedenken, dass das Fett in seiner chemischen Zusammensetzung kein Wasser enthält. Wenn demnach, wie es bei der Mästung der Thiere geschieht, das Fleisch des Muskels durch Fett verdrängt wird, so muss dadurch nothwendig der Wassergehalt des Muskels abnehmen. Es vertritt hiebei das Fett die Rolle des Wassers, indem es die musculösen Elemente ebenso rarificirt wie jenes.

Offenbar steht diese Erfahrung im Zusammenhang mit der anderen, dass die weniger angestrengten Muskeln im Organismus die wasserärmeren sind. Muskelruhe und Fettansatz gehen ja bekanntermassen Hand in Hand. Und dass im Organismus wirklich einzelne Muskeln und Muskelgruppen gemästet werden können, ohne dass der übrige Organismus an diesem Zustande der Mästung theilnimmt, beweisen die Erfahrungen der Chirurgie bei Muskeln bewegungsloser Glieder tagtäglich. —

§ 5.

Resultate.

Fassen wir auch hier, wie wir es schon am Schlusse des vorigen Capitels gethan, die Ergebnisse in einzelnen Sätzen zusammen:

1. Der Tetanus ist stets mit einem nicht unbedeutenden procentischen Verlust an festen Stoffen des Muskelgewebes verbunden, welche auf einer Zunahme desselben an Wasser beruht.

2. Geringere Leistung des Muskels ist mit einer geringeren Wasserzunahme verknüpft: Leistung und Zunahme des Wassergehaltes stehen in einem geraden Verhältnisse.

3. Je geringer die in dem Muskel vorhandene Wassermenge in dem Zustande der Ruhe ist, desto grösser ist die Wasserzunahme im Te-

tanus. Je mehr Procente an festen Stoffen der geruhte Muskel enthält, desto grösser ist seine Leistungsfähigkeit.

4. Die procentische Menge an festen Muskelstoffen nimmt, wie die Leistungsfähigkeit des Muskels beim Menschen, von der Jugend bis zum kräftigen Mannesalter zu; von hier an nehmen beide bis zum Greisenalter wieder entsprechend ab: die Zeit des geringsten Wassergehaltes der Muskeln trifft mit der Zeit ihrer grössten Leistungsfähigkeit zusammen.

5. Bei anhaltenden Ernährungsstörungen sehen wir die Abnahme an festen Stoffen im Muskel Hand in Hand gehen mit einer wenigstens ebenso starken Abnahme an festen Stoffen in den nervösen Centralorganen.

6. Im Einzelorganismus sind ebenfalls die angestrengtesten Muskeln die wasserreichsten, — der wasserreichste Muskel ist das Herz. —

Drittes Capitel.

Wirkungen der Diffusion zwischen Blut und Muskel.

---

§ 1.

Weiterer Versuchsplan.

Die Resultate der Leitungswiderstandsbestimmungen am geruhten und tetanisirten Muskel hatten uns zu der Ansicht geführt, dass infolge der Wirkungen der Diffusion zwischen dem Muskelsaft einerseits und den den Muskel umgebenden Flüssigkeiten — Blut und Lymphe — andererseits ein Theil der festen durch den Tetanus leicht diffundirbar gemachten Muskelstoffe aus dem Muskel ausgewaschen werden müssten, dass demnach der Muskel nach dem Tetanus im lebenden, unversehrten Thiere stoffärmer sein müsste, als vor demselben.

Die vorstehend mitgetheilten Resultate haben neben anderen wichtigen Fortschritten in unserer Kenntniss des Zusammenhanges der Muskelleistungsfähigkeit mit seinen quantitativen Stoffverhältnissen auch diese Ansicht vollkommen bestätigt. Wir fanden wirklich den Muskel wasserreicher und stoffärmer infolge der Bewegung im unversehrten Organismus.

Wir können uns jedoch trotz dieser ersten Bestätigung unserer Ansicht nicht verschweigen, dass noch immer, vielleicht gegründete, Einwürfe gegen dieselbe gemacht werden könnten.

Man könnte annehmen, dass die Vermehrung des Wassergehaltes gar nicht ihren inneren Grund im Muskel selbst besässe, sondern dass sie vielleicht nur beruhe auf einer Hereinpressung von Flüssigkeit in den Muskel durch eine Veränderung der circulatorischen Druckverhältnisse während des Tetanus.

Man könnte zweitens annehmen, dass die Vermehrung des Wassers im Muskel in einer Oxydation seiner Elemente, die schliesslich zur Wasserbildung führen muss, ihre Ursache besässe.

Es ist klar, dass uns diesen Einwürfen gegenüber die Pflicht obliegt, die Wirkung der Diffusion bei der Verminderung der festen Muskelstoffe im Tetanus ausser Zweifel zu stellen.

Wir werden uns zuerst damit beschäftigen, nachzuweisen, dass die beobachtete Vermehrung des Muskelwassergehaltes nicht auf Oxydation der Muskelstoffe zurückzuführen sei, welche, obwohl sie sicher besteht, bei gehöriger Würdigung der obwaltenden Verhältnisse von nur äusserst minimalem Einfluss auf das Resultat einer Wasserbestimmung erwartet werden darf.

Unsere zweite Aufgabe wird sein, zu erweisen, dass sich die im Muskel verschwundenen festen Stoffe nach dem Tetanus wiederfinden lassen in den den Muskel umströmenden Flüssigkeiten, dass sie also nicht in das Nichts verschwunden sind.

Der dritte Theil der Gesammtaufgabe wird den Beweis liefern müssen, dass das Imbibitionsvermögen des Muskels nach dem Tetanus wirklich ein stärkeres ist, als vor demselben.

Durch Erledigung dieser drei Puncte in unserem Sinne werden wir unsere Ansicht zu beweisen im Stande sein.

§ 2.

Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels bei Ausschluss der Blutcirculation.

Wie eben dargelegt, muss unsere Aufgabe sein, nachzuweisen, dass die im vorigen Capitel besprochene Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus ihren Grund nicht einer inneren Oxydation der Muskelelemente allein verdanke.

Die Entscheidung dieser Frage gestaltet sich äusserst einfach. Es ist dazu nur nothwendig, den Muskel mit Ausschluss der Blutcirculation, also am einfachsten ausgeschnitten, zu tetanisiren und dann auf seinen Wassergehalt zu untersuchen.

Die Frösche wurden zu diesem Zwecke geschlachtet, die gewonnenen galvanischen Präparate sorgfältig von dem anhaftenden Blut und Lymphe befreit. Der eine Schenkel wurde sodann abgeschnitten, um als geruht untersucht zu werden, der andere wurde mit dem Magnetelektromotor, dessen Spiel durch ein Uhrwerk in regelmässigen kurzen Pausen unterbrochen und wiederhergestellt wurde, in der feuchten Kammer bis zur Erschöpfung tetanisirt, was 1½—3 Stunden in Anspruch nahm. Während der Zeit lag der andere Schenkel ruhend in der gleichen feuchten Kammer, um möglichst alle Versuchsbedingungen constant zu erhalten für die beiden Vergleichsobjecte.

War die Leistungsfähigkeit des einen Schenkels durch den Tetanus endlich erschöpft, so wurde das Trocknen der Muskeln ganz in der im zweiten Capitel beschriebenen Weise vorgenommen.

Dieselbe Methode des elektrischen Tetanisirens, die ich hier eben in Kürze dargelegt habe, wurde in der Folge noch häufig zu anderen Versuchen von mir angewendet; ich werde an den betreffenden Stellen auf diesen Ort verweisen. Es gelingt mit dieser Methode leicht, die Muskeln bis zur deutlichen Säuerung der Muskelflüssigkeit zu tetanisiren.

In folgender Tabelle stelle ich die Resultate dieser Wasserbestimmungen zusammen. Die Versuche wurden im Anfang des Sommers angestellt, was für die Beurtheilung der Menge der festen Muskelstoffe von Wichtigkeit ist.

Tabelle I.

Vergleichende Wasserbestimmung ausgeschnitten tetanisirter Muskeln.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes.	Muskelgewicht		Procentischer Gehalt des Muskels an	
		frisch in Grammen.	trocken in Grammen.	festen Stoffen.	Wasser.
1.	geruht tetanisirt	0,9916 0,9890	0,1926 0,1940	19,4 19,6	80,6 80,4
2.	geruht tetanisirt	1,0470 0,2040	1,0655 0,2064	19,5 19,3	80,5 80,7
3.	geruht tetanisirt	0,8567 0,8578	0,1554 0,1553	18,1 18,1	81,9 81,9
4.	geruht tetanisirt	0,7100 0,7340	0,1346 0,1375	18,9 18,8	81,1 81,2
5.	geruht tetanisirt	0,8092 0,8245	0,1610 0,1638	19,8 19,8	80,2 80,2
6.	geruht tetanisirt	0,7955 0,7528	0,1348 0,1295	17,3 16,9	82,7 82,1

Ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt schon, dass die Wasserbestimmung in den tetanisirten und geruhten Muskeln, wenn der Tetanus erst nach dem Ausschluss der Bluteirculation eingeleitet wurde, die Verminderung der festen Stoffe nicht erkennen lässt, die wir bei den Muskeln, die, während sie noch unter dem Einfluss der Bluteirculation standen, tetanisirt wurden, so ganz constant haben auftreten sehen.

Die Wasserbestimmungen stimmen untereinander so genau überein, als es nur von so schwierigen, quantitativen Messungen zu erwarten ist, bei denen wir nicht auf absolute Genauigkeit, wie etwa bei quantitativen Bestimmungen anorganischer Körper, Anspruch machen dürfen. Die kleinen Unterschiede, die wir an den Resultaten wahrnehmen, müssen wir um so mehr als durch Versuchsungenauigkeiten entstanden denken, da sie keine Constanz in der Plus- oder Minusrichtung erkennen lassen. Während zwei aus der vorstehenden Reihe von Bestimmungen eine absolute Uebereinstimmung zeigen — Nr. 3 und Nr. 5 — zeigen drei andere — Nr. 2, 3 und 6 — einen etwas geringeren Gehalt an festen Stoffen bei dem tetanisirten Muskel, Nr. 1 hingegen einen etwas grösseren.

Trotzdem dürfen wir aber das Resultat nicht in der Art deuten, dass die theoretisch geforderte Wasserzunahme durch den Tetanus im Muskel durch Oxydation seiner Muskelstoffe nicht wirklich statthabe.

Die Versuche beweisen weiter nichts, als dass wir mit Hülfe unserer Methoden den feinen etwa bestehenden Unterschied nicht zu erkennen im Stande sind, er fällt in die Fehlergrenzen des Experimentes.

Ja man könnte noch mit mehr Recht die Behauptung aufstellen, dass die vorliegenden Resultate die Annahme einer Vermehrung des Muskelwassergehaltes durch den Tetanus auch bei den ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskeln wahrscheinlich machten.

Rechnen wir nämlich die Mittelwerthe aus den Werthen für den geruhten und tetanisirten Muskel, so ergiebt sich im Mittel aus den 6 Bestimmungen für den:

	feste Stoffe		Wasser
geruhten Muskel . .	18,83 %	—	81,17 %
tetanisirten Muskel . .	18,75 %	—	81,25 %

also eine freilich sehr geringfügige Verminderung der festen Stoffe und Vermehrung des Wassergehaltes für den tetanisirten Muskel.

Lassen wir diese Frage dahingestellt, so ergiebt sich aus den eben mitgetheilten Versuchen mit aller Entschiedenheit:

Das Phänomen der Wasserzunahme des Muskels und damit correspondirend der Abnahme seiner festen Stoffe, wie es sich nach dem Tetanus bei dem lebenden, unversehrten Thiere constant zeigt, beruht **nicht** auf einer etwaigen Wasserbildung durch Oxydationen innerhalb des Muskels.

Wir werden durch diese Erfahrung zur Annahme einer äusseren Ursache für die fragliche Erscheinung zwingend hingewiesen.

§ 3.

Vergleichende Wasserbestimmungen im Blute ruhender und tetanisirter Thiere.

Wir können uns nun nach der experimentalen Widerlegung des ersten Einwurfes gegen die von uns zur Erklärung des höheren Wassergehaltes tetanisirter Muskeln geltend gemachte Annahme, zu der zweiten uns oben gestellten Aufgabe wenden.

Wir wollen versuchen, ob wir im Stande sind, die im tetanisirten Muskel verschwundenen Stoffe, in den umgebenden Flüssigkeiten — Blut — wieder aufzufinden, wohin sie, wie wir annehmen, durch die Diffusion gelangt sind.

Während der Muskel durch die Wirkung des Tetanus an festen Stoffen verliert, müssen sich diese, da ihre Ausscheidung nicht so rasch erfolgt, in dem Blute aufhäufen.

Die Resultate der Veränderung des Muskels durch den Tetanus sind so bedeutend und in die Augen springend, dass wir getrost an die neue Untersuchung herantreten, mit der bestimmten Hoffnung, auch hier deutliche Resultate zu erlangen.

Wenden wir uns sogleich zu den für Entscheidung unserer Frage angestellten Versuchen.

Die Versuchsbedingungen sind selbstverständlicherweise in dieser Versuchsreihe möglichst die gleichen, wie wir sie in den bisher besprochenen Reihen anzuwenden gewohnt waren. Auch hier wurde durch Einpinseln in eine Hautwunde das Versuchsthier mit Strychnin vergiftet in der Weise, dass der folgende Tetanus beiläufig 36 Minuten anhielt. Es war unmöglich an einem und demselben Thiere das Blut vor und nach dem Tetanus zu untersuchen. Die Blutmenge eines Frosches ist zu gering, als dass es erlaubt gewesen wäre, ohne befürchten zu müssen, dass die Concentration des Blutes dadurch schon allein wesentlich alterirt werden würde, eine relativ so bedeutende Blutmenge, wie sie zur Wasserbestimmung immerhin erforderlich ist, aus dem Organismus zu entfernen. Es war deshalb nöthig, auch hier die Methode der Durchschnittswerthe in Anwendung zu bringen, welche das Missliche hat, dass wir dadurch genöthigt sind, eine grössere Anzahl von Versuchen in demselben Sinne anzustellen, als wir wohl sonst uns genöthigt gesehen hätten.

Das Blut wurde aus der Aorta ausfliessen lassen, direct in einen der schon oben bei der Wasserbestimmung im Muskel erwähnten Uhrglasapparate; der Apparat sodann sogleich verschlossen. Auch hier beschlägt sich der Apparat im Innern nicht unbedeutend mit Wasser, zum Zeichen, dass der augenblickliche luftdichte Verschluss durchaus keine illusorische Versuchsvorsicht ist.

In den folgenden Tabellen sind die directen und procentischen Versuchsresultate von dem Blute geruhter Thiere zusammengestellt.

Tabelle II.

Wassergehalt des Blutes beim ruhenden Frosch.

Versuchs-Nummer.	Blutgewicht frisch in Grammen.	Blutgewicht trocken in Grammen.	Procentischer Gehalt des Blutes an	
			festen Stoffen.	Wasser.
1.	1,4370	0,1840	12,8	87,2
2.	0,7940	0,0880	11,0	89,0
3.	1,0080	0,1078	10,6	89,4
4.	1,0125	0,0991	9,7	90,3
5.	0,9850	0,1340	13,6	86,4
6.	0,3465	0,0428	12,3	87,7
7.	0,4542	0,0587	12,9	87,1
8.	0,6606	0,0822	12,4	87,6
9.	0,3185	0,0375	11,7	88,3
10.	0,9025	0,1060	11,7	88,3
11.	0,9330	0,1140	12,2	87,8
12.	0,5600	0,0545	9,7	90,3
Im Mittel	—	—	**11,7**	**88,3**

Der aus den 12 in vorstehender Tabelle mitgetheilten Wasserbestimmungen des Blutes geruhter Frösche berechnete Mittelwerth:

Gehalt an festen Stoffen . . 11,7 %
,, ,, Wasser . . . . . 88,3 %

zeigt verhältnissmässig nur eine geringe procentische Abweichung von den extremen Werthen der einen und der anderen Seite.

Der Minimalwerth ist zweimal gefunden:

Gehalt an festen Stoffen . . . 9,7 %
,, ,, Wasser . . . . . . 90,3 %

Der Maximalwerth, der nur einmal gefunden wurde, ist:

Gehalt an festen Stoffen . . 13,6 %
,, ,, Wasser . . . . . 86,4 %.

Wir haben hier demnach auch bei dem Blute ganz das analoge Phänomen, wie wir es schon bei dem Wassergehalte der Muskeln beobachtet und von so eingreifender Wirkung auf die Arbeitsleistung des Muskels gefunden haben: Der Wassergehalt des Blutes ist bei den einzelnen Individuen nicht unbeträchtlich verschieden, der procentische Unterschied ist beiläufig ähnlich gross als der des Wassergehaltes der verschiedenen Muskeln.

Es scheint von Interesse zu sein, schon an dieser Stelle zu entscheiden, ob der Wassergehalt des Muskels in einem Wechselverhält-

nisse zu dem Wassergehalte des Blutes stehe, oder nicht. Es wird uns schon diese Entscheidung einen nicht unwesentlichen Fingerzeig für unsere weitere Hauptfrage geben können.

Es wurden zur Entscheidung der angeregten Frage einige Versuche angestellt, welche im Folgenden tabellarisch zur besseren Uebersicht mitgetheilt sind.

Tabelle III.

Vergleichende Wasserbestimmung in Blut und Muskel des ruhenden Frosches.

Versuchs-Nummer.	Benennung des Untersuchungs-objectes.	Das Gewicht der frischen Substanz in Grammen.	Das Gewicht der trockenen Substanz in Grammen.	Procentgehalt an festen Stoffen.	Procentgehalt an Wasser.
1.	Muskel Blut	1,4603 0,9025	0,2625 0,1060	17,9 11,7	82,1 88,3
2.	Muskel Blut	1,5908 0,9330	0,2868 0,1140	18,0 12,2	82,0 87,8
3.	Muskel Blut	1,4586 0,5600	0,2472 0,0545	16,9 9,7	83,1 90,3
Im Mittel	**Muskel** **Blut**	— —	— —	**17,6** **11,2**	**82,4** **88,8**

Das Verhältniss des Gehaltes des Muskels an festen Stoffen, zu dem entsprechenden Gehalt des Blutes in dem ruhenden Thiere ist in diesen drei Versuchen, den Gehalt des Blutes an festen Stoffen gleich 1 gesetzt:

	Blut.		Muskel.
I.	1	:	1,5
II.	1	:	1,5
III.	1	:	1,7
Im Mittel:	**1**	:	**1,6**

Wir sehen, dass die gewonnenen Werthe für das gesuchte Verhältniss nur wenig differiren und zwar erweisen die in der vorstehenden Tabelle mitgetheilten Bestimmungen, dass der grössten Menge an festen Stoffen im Muskel die grösste Menge an festen Stoffen im Blute entspreche, und umgekehrt.

Es unterliegt nach dieser Beobachtung, die mit den analogen älteren von Schottin vollkommen übereinstimmt, keinem Zweifel mehr, dass ein Wechselverhältniss, wie wir es a priori vorausgesetzt, zwischen Blut und Muskel existire. Und zwar wird dieses Wechselverhältniss wohl dahin sich näher definiren lassen, dass ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen den beiden in fortwährendem Stoffaustausch begriffenen Flüssigkeiten, dem Blute und der Muskelflüssigkeit, existire, welcher nur durch den fortgehenden Stoffverbrauch — der bei den untersuchten hungernden Individuen nur ein sehr minimaler ist — durch kleine freilich beständige Schwankungen nach der einen und der anderen Seite gestört werden wird.

Es existirt bei diesem Vorgange natürlich kein principieller Gegensatz zwischen dem Zustande des Hungers und dem Zustande der Nahrungsaufnahme.

Nur während bei Hunger das Blut von aussen nur eine deconcentrirende Einwirkung erfahren kann und den verbrauchten Stoff nur aus inneren Reservoirs — dem Muskel und den Drüsen — wieder zu ersetzen vermag, wobei langsam, aber stets mit Aufrechthaltung des Gleichgewichtszustandes, die gesammte Menge an festen Körperstoffen eine Verminderung erfährt, der Diffusionsstrom demnach seine Hauptrichtung von den Organen zum Blute — von innen nach aussen — besitzt; kommt bei der Nahrungsaufnahme zu diesem Hauptstrome, der stets in ungeschwächter Wirksamkeit thätig bleiben muss, noch ein zweiter entgegengesetzter, unter normalen Bedingungen gleichstarker Strom hinzu, der von dem durch Nahrungszufuhr von aussen concentrirter gewordenen Blute zu den Organen — von aussen nach innen — gerichtet ist. Auch hier wird stets sich baldmöglichst ein Gleichgewichtszustand hergestellt haben, der nur den regelmässigen, kleinen zeitlichen Schwankungen, die ununterbrochen ihren Fortgang haben, unterliegt.

Der verschiedene Gehalt an festen Stoffen und Wasser im Blute und Muskel der einzelnen unter scheinbar gleichen Bedingungen lebenden Individuen; der Zusammenhang zwischen der Menge an festen Stoffen im Muskel und der im Blute, den wir soeben constatirt haben; die im zweiten Capitel niedergelegten Untersuchungen über die gleichzeitige Abnahme an festen Stoffen in allen Organen, sprechen für die obige Darlegung direct. Ebenso die weitere Beobachtung, dass die Frösche im

Frühsommer, wenn sie Nahrung aufnehmen, eine bei weitem grössere Menge an festen Muskelstoffen, und nach der eben mitgetheilten Erfahrung demnach auch an festen Stoffen im Blute, enthalten, als im Winter, nachdem sie schon eine Reihe von Wochen im Zustande der Inanition sich befinden.

Während im Juni der Gehalt an festen Stoffen im Muskel der Frösche in zwei Versuchen betrug:

1. 20,77 %
2. 20,33 %

ergaben die letzten Wasserbestimmungen, die im Februar angestellt wurden:

3. 18,0 %
4. 17,9 %
5. 16,9 %.

Die im Anfange des Winters angestellten Versuche ergaben entsprechend höhere Zahlen, die im zweiten Capitel nachzusehen sind.

Bis Februar hat demnach der Gehalt des Muskels an festen Stoffen um über $1/4$ der Gesammtmenge abgenommen!

Da das Blut sich analog wie der Muskel verhält, wie wir gesehen haben, so liegt keine Schwierigkeit vor, diesen Satz auch auf das Blut auszudehnen.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, dass wirklich das gesuchte Wechselverhältniss zwischen Blut und Muskel und, wie die Beobachtungen an den beiden alten Individuen im zweiten Capitel lehren, auch zwischen den übrigen Körperorganen existire. Eine stärkere Concentration der einen an diffundirbarem Stoffe bedingt augenblicklich eine stärkere Concentration in allen anderen. Jeder Vorgang, der demnach den Gehalt des Organismus an diffundirbaren Stoffen vermehrt — Nahrungsaufnahme und Tetanus — wird darum auch der Voraussetzung gemäss mit einer stärkeren Concentrirung aller Körperflüssigkeiten, namentlich des Blutes, verbunden sein.

Wir sehen so durch die bisher angestellten Beobachtungen unsere Erwartungen, einen Einfluss des Tetanus auf die Zusammensetzung des Blutes, wenigstens in Beziehung auf die Gesammtstoffmenge desselben wahrnehmen zu können, bedeutend gestärkt und wir wenden uns demnach sogleich zu diesem eigentlichen Ziele unserer Betrachtungen selbst. In folgender Tabelle sind die Versuche, die zu diesem Zwecke angestellt wurden, zusammengestellt.

Tabelle IV.

Wassergehalt des Blutes bei dem tetanisirten Frosch.

Versuchs-Nummer.	Blutgewicht frisch in Grammen.	Blutgewicht trocken in Grammen.	Procentischer Gehalt des Blutes an festen Stoffen.	Procentischer Gehalt des Blutes an Wasser.
1.	0,6834	0,0794	11,6	88,4
2.	0,8078	0,1160	14,3	85,7
3.	0,5421	0,0622	11,2	88,8
4.	0,5918	0,0728	12,5	87,5
5.	0,3744	0,0538	14,3	85,7
6.	0,7930	0,0890	11,2	88,8
7.	0,3849	0,0520	13,5	86,5
8.	0,6652	0,0853	12,8	87,2
9.	0,3642	0,0451	12,3	87,7
10.	0,8608	0,1032	12,0	88,0
11.	0,6424	0,0812	13,3	86,7
12.	0,6320	0,1065	16,8!!	83,2!!
Im Mittel	—	—	**13,0**	**87,0**

Wir treffen in vorstehender Tabelle ungefähr analoge Schwankungen im Wassergehalte des Blutes der tetanisirten Thiere, wie wir sie bei den ruhenden angetroffen haben.

Die Mittelzahlen für beide Zustände sind folgende:

Wassergehalt des Blutes	tetanisirter Frösche	**87,0** %
- - -	ruhender -	**88,3** %
feste Stoffe - -	tetanisirter -	**13,0** %
- - - -	ruhender -	**11,7** %.

Das Blut der Frösche ist im Durchschnitt nach dem Tetanus um **1,3** % reicher an festen Stoffen als vor demselben, und natürlich entsprechend wasserärmer.

Das Durchschnittsresultat, gegen dessen Richtigkeit man Einwendungen aus dem Schwanken des Wassergehaltes bei den verschiedenen Individuen machen könnte, erhält dadurch eine unumstössliche Bestätigung, dass in allen mitgetheilten Bestimmungen — man vergleiche auch die Tabelle I — alle kleinsten Werthe für die Menge der festen Stoffe im Blute auf Seite der geruhten, alle grössten auf Seite der tetanisirten Individuen sich befinden:

Minimalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im geruhten Blute 9,7 %

Minimalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im tetanisirten Blute 11,2 %

Differenz der Minimalwerthe . . . . 1,5 %

Maximalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im geruhten Blute 13,6 %

Maximalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im tetanisirten Blute 16,8 %

(beide Werthe sind nur einmal beobachtet und scheinen ausnahmsweise gross zu sein.)

Differenz der Maximalwerthe . . . . 3,2 %

Die Zahlen sprechen für sich selbst. Es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, dass wir wirklich in unseren Beobachtungen, die in vorstehenden Tabellen zusammengestellt wurden, dem Phänomene, das wir gesucht haben, begegnet sind: Der Tetanus verändert nicht nur die chemische Constitution des Muskels, sondern gleichzeitig die des Blutes.

Das Blut wird durch den Tetanus concentrirter, der Muskel weniger concentrirt. Es ist klar, dass durch diesen Wechselvorgang das Verhältniss des Wassergehaltes des Blutes zu dem des Muskels, das wir, wie vor uns Schottin, als ein annähernd constantes bei dem ruhenden Thiere gefunden haben, eine wesentliche Alteration erfahren muss. Bedenken wir ferner, dass der Muskel je nach seinem Gehalte an festen Stoffen, wie dies im zweiten Capitel nachgewiesen, mehr feste Stoffe im Tetanus verbraucht, demnach dem Blute eine grössere Menge diffundirbaren Stoffs darbietet, so ist es klar, dass sich das oben in der Ruhe beobachtete Verhältniss des Wassergehaltes des Blutes zu dem des Muskels, nach welchem dem an festen Stoffen reichsten Muskel das an festen Stoffen reichste Blut entsprach, hier vollkommen umkehren müsse.

Es stehen mir solche Beobachtungen zu Gebote, welche diesen Satz experimentell beweisen.

Es wurde der Wassergehalt der Muskeln von dem Tetanus ebenfalls mit bestimmt. Das Blut konnte, aus den oben angegebenen Gründen, nur nach dem Tetanus auf seinen Wassergehalt geprüft werden. In folgender kleinen Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Tabelle V.

Vergleichende Wasserbestimmung im *Blut und Muskel* tetanisirter Frösche.

Versuchs-Nummer.	Benennung des Untersuchungs-objectes und seines Zustandes.	Das Gewicht der *frischen* Substanz in Grammen.	Das Gewicht der *trockenen* Substanz in Grammen.	Procentgehalt an	
				festen Stoffen.	*Wasser.*
1.	ruhender Muskel	0,8450	0,1485	17,5	82,5
	tetanisirter -	1,0200	0,1620	15,9	84,1
	Blut nach dem Tetanus	0,2750	0,0350	12,7	87,3
2.	ruhender Muskel	1,4080	0,2555	18,2	81,8
	tetanisirter -	1,3045	0,2170	16,6	83,4
	Blut nach dem Tetanus	0,5127	0,0630	12,3	87,7

Wir ersehen aus diesen Zahlen, dass das Experiment unsere Voraussetzung bestätigt:

Nach dem Tetanus entspricht das concentrirtere Blut dem an Wasser reicheren Muskel und umgekehrt.

Das Gesetz kehrt sich demnach wenigstens für einige Zeit nach dem Tetanus um. Setzen wir für Tetanus den entsprechenden Ausdruck der Muskelleistung, wie wir ihn im zweiten Capitel gebraucht haben, so formulirt sich der vorstehende Satz dahin:

Je grösser die Leistung eines Muskels, desto wasserreicher oder stoffärmer finden wir ihn nachher; je grösser die Leistung des Muskels, desto wasserärmer oder stoffreicher wird das Blut.

Ich setze hier die Erfahrungen der vorhergehenden Capitel als bekannt voraus und unterlasse darum eine nähere Erklärung dieses Satzes.

§ 4.

Das Imbibitionsvermögen des Muskels.

Die zuletzt mitgetheilten Untersuchungen haben auch die zweite in § 1 dieses Capitels aufgeworfene Frage in unserem Sinn bejahend entschieden. Wir haben somit nicht nur den Gedanken, dass die Wasserzunahme des Muskels im Tetanus allein auf einer inneren Wasserbildung beruhe, zurückgewiesen, sondern wir waren auch im Stande, das theoretisch geforderte correspondirende Phänomen, die Abnahme

des Wassergehaltes des Blutes durch den Tetanus aufzufinden. Wir deuten uns diese letztgenannte Erfahrung so, dass wir die im Muskel durch den Tetanus verloren gegangene Stoffmenge in dem Blute wiederfinden.

Es ist klar, dass wir zu diesem Ausspruche so lange nicht berechtigt sind, bis wir nachgewiesen haben, dass zwischen dem geruhten und dem tetanisirten Muskel wirklich ein Unterschied in der Grösse der Diffusionserscheinungen zu Gunsten des letzteren stattfinde; dass der tetanisirte lebende Muskel mehr Wasser in sich durch die Vorgänge der Diffusion aufzunehmen vermag als der geruhte. So lange dies nicht experimentell ausser allen Zweifel gesetzt ist, könnte stets noch der schon geltend gemachte Einwurf, dass das Wasser vielleicht nur durch veränderte Druckverhältnisse in dem circulatorischen Systeme während und nach dem Tetanus in den Muskel gepresst werde, aufrecht erhalten werden. Wir haben uns also ungesäumt und vor Allem an die definitive Entscheidung dieser Frage zu machen.

Schon a priori besteht freilich die bestimmte Aussicht, dass wir den geforderten Nachweis werden zu liefern im Stande sein. Was uns diese Aussicht giebt, sind die Quellungsversuche von Arnold am lebenden und todten Muskel angestellt[1]). Die genannten Experimente ergaben, dass der lebende, noch unter dem Nerveneinfluss stehende, aber seines Blutstromes beraubte Muskel 20 % Wasser weniger aufnimmt als der todte. Der Versuch wurde in der Art angestellt, dass nach Unterbindung der Gefässe des Froschgastrocnemius das Thier mit aufgeschlitzter Wadenhaut in Wasser gesetzt wurde. Nach 24 Stunden wurde der Muskel ausgeschnitten, gewogen und von neuem ins Wasser gelegt.

Die Vermehrung des Quellungsvermögens der Muskeln durch das Absterben beruht ganz sicher auf demselben Grunde wie die im ersten Capitel beschriebene Verbesserung seines galvanischen Leitungsvermögens durch das Absterben. Dieselben Stoffe, die bei ihrer Bildung als verhältnissmässig gute Leiter den Leitungswiderstand herabsetzen, müssen auch ihres grossen Diffusionsvermögens wegen das Quellungsmaximum des Muskels erhöhen. Und ganz analog, wie wir am angegebenen Orte

1) Die physiolog. Anstalt der Universität Heidelberg. 1858. 104; Ludwig Lehrbuch der Physiol. d. Menschen. Bd. II. 295. 1861.

den Tetanus in demselben Sinne wirksam fanden wie die Todtenstarre, dürfen wir auch hier mit Sicherheit einen gleichen Einfluss erwarten.

Wenden wir uns sogleich zu der Darlegung der angestellten Versuche selbst.

Es ist einleuchtend, dass wir auch hier wie in § 2 des vorliegenden Capitels nur am ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskel experimentiren dürfen, da wir ja künstlich die normale Wirkung des Blutes auf den tetanisirten Muskel nachahmen wollen, es muss darum diese letztere aus den Versuchsbedingungen ausgeschlossen werden.

In ganz analoger Weise wie im § 2 wurden die ausgeschnittenen, sorgfältig von Blut und Lymphe befreiten Muskeln elektrisch tetanisirt bis zur möglichst vollständigen Erschöpfung ihrer Leistungsfähigkeit. Die Gastrocnemien wurden dann gewogen im Uhrglasapparate und gleichzeitig die geruhten und tetanisirten Muskeln in je 30 CC. destillirten Wassers oder einer 0,7 % haltigen Kochsalzlösung gebracht. Nach dem Wiederherausnehmen aus der Imbibitionsflüssigkeit wurden sie sehr sorgfältig mit feinem ungeleimten Papier vollständig oberflächlich getrocknet und von neuem in dem Uhrglasapparate gewogen.

Die Kochsalzlösung wurde aus dem Grunde angewendet, weil im destillirten Wasser die Muskeln äusserst rasch absterben, durch welchen Vorgang das Versuchsresultat beeinträchtigt wird. Alles Uebrige erklären die folgenden Tabellen.

Tabelle VI.

Quellungsversuche am tetanisirten und geruhten Muskel.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes.	Zeit der Quellung.	Gewicht des frischen Muskels in Grammen.	Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen.	Procentische Gewichts-zunahme durch Quellung.	Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels.
1.	geruht tetanisirt	10 Minuten in destillirtem Wasser.	0,9896 0,9985	1,0978 1,1332	10,9 13,9	3 %
2.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8176 0,8367	0,9058 0,9482	10,9 13,4	2,5 %
3.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8497 0,8568	0,9674 0,9932	13,9 18,2	4,3 %

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchsobjectes.	Zeit der Quellung.	Gewicht des frischen Muskels in Grammen	Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen	Procentische Gewichtszunahme durch Quellung.	Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels.
4.	geruht tetanisirt	2 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7 %	0,9931 1,0472	1,0211 1,1712	2,8 11,8	9 %
5.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8570 0,8367	0,8610 0,8930	0,3 6,7	6,4 %
6.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8860 0,8228	0,8912 0,9813	0,5 19,2	18,7 %
7.	geruht tetanisirt	24 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7 %	1,0504 1,0403	1,1921 1,2510	13,5 20,2	6,7 %
8.	geruht tetanisirt	desgl.	0,7380 0,7752	0,8115 0,9370	10,0 23,4	13,4 %
9.	geruht tetanisirt	desgl.	0,9040 0,7993	0,9250 0,9233	2,3 15,5	13,2 %
10.	geruht tetanisirt	27 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7 %	0,8192 0,8245	0,9156 0,9390	11,7 (todtenstarr) 13,8	2,1 %
11.	geruht tetanisirt	desgl.	0,9302 0,9351	0,9990 1,0510	7,3 12,3	5 %
12.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8010 0,7988	0,8665 0,9466	8,1 18,5	10,4 %

Es ergiebt sich aus allen angestellten Versuchen, dass der tetanisirte lebende Muskel im Vergleiche mit dem lebenden geruhten ein höheres Quellungsvermögen besitzt.

Es ist klar, dass wir es bei diesen Versuchen nicht dahin kommen lassen dürfen, dass die untersuchten Muskeln in der Quellungsflüssigkeit absterben. Ist nämlich unsere im ersten Capitel ausgesprochene Ansicht richtig, dass wenigstens für die Säurebildung ein Maximum besteht, das durch den Tetanus nicht erhöht wird, so werden wir erwarten müssen, dass, da ja sicherlich die Erhöhung der Diffusionsvorgänge im Muskel auch auf dem Auftreten der Säure hauptsächlich und vor Allem beruht, das Quellungsmaximum der geruhten und tetanisirten abgestorbenen Muskeln im Wesentlichen ein gleiches sein werde.

Zum experimentellen Beweise dieses Satzes habe ich auch eine Anzahl von Versuchen angestellt, welche für die eben ausgesprochene Ansicht entscheidend sind.

Die in vorstehender Tabelle zuletzt stehenden Muskeln Nr. 10, 11 und 12, die lebend bei einer Quellungszeit von 27 Stunden in der Kochsalzlösung das stärkere Quellungsvermögen des tetanisirten Muskels deutlich gezeigt hatten, wurden noch weiter bis zu ihrem Absterben in die Quellungsflüssigkeit gelegt. Die daran sich knüpfenden Beobachtungen ergaben, dass der anfänglich sich zeigende Unterschied dadurch vollkommen verwischt werden kann.

Im Folgenden theile ich die direct beobachteten Verhältnisse mit:

Tabelle VII.

Quellungsversuche am abgestorbenen tetanisirten und geruhten Muskel.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes.	Zeit der Quellung bis zum Absterben.	Gewicht des frischen Muskels in Grammen.	Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen.	Procentische Gewichts-zunahme durch die Quellung.
1.	geruht tetanisirt	48 Stunden in 0,7 % Kochsalz-lösung.	0,8192 0,8245	0,9194 0,9360	12,2 12,2
2.	geruht tetanisirt	desgl.	0,9302 0,9351	1,0473 1,0420	12,6 11,4
3.	geruht tetanisirt	desgl.	0,8010 0,7988	0,9190 0,9464	14,7 18,4

Vergleichen wir dieses Ergebniss mit dem in der letzt vorherstehenden Tabelle mitgetheilten, so zeigt sich das von uns postulirte Verhältniss ziemlich deutlich. Ebenso zeigte sich dieses Verhältniss bei Muskeln, welche 30 Minuten in Wasser gelegen hatten. Das Quellungsmaximum ergab folgende Werthe:

		Quellungsmaximum.
Nr. 1.	geruhter Muskel	35,2 %
	tetanisirter Muskel	34,1 %
Nr. 2.	geruhter Muskel	26,4 %
	tetanisirter Muskel	26,5 %
Nr. 3.	geruhter Muskel	31,8 %
	tetanisirter Muskel	32,3 %.

Die Unterschiede im Quellungsvermögen des lebenden Muskels vor und nach dem Tetanus verschwinden durch das Todtenstarrwerden, zum Beweis, dass die Gesammtmenge der sich bis zur Todtenstarre bildenden Zersetzungsproducte des Muskels durch den Tetanus nicht wesentlich vermehrt wird, wie wir dies schon aus den Versuchen im ersten Capitel gefolgert hatten. —

Eine weitere theoretische Folgerung aus unseren bisherigen Ergebnissen ist die, dass der im lebenden, unversehrten Thiere tetanisirte Muskel, der also ruhend und nach dem Tetanus den Diffusionseinwirkungen des Blutes ausgesetzt war, wodurch ihm ein Theil der diffundir-

Tabelle

Quellungsversuche an Muskeln, die bei

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes.	Gewicht des frischen Muskels in Grammen.	Gewicht des 6h in Salzwasser gequollenen Muskels in Grammen.	Procentische Gewichts-zunahme durch 6stündige Quellung. 100 :	Gewicht des Muskels nach 48 h Quellung in Grammen.	Procentische Gewichts-zunahme durch 48stündige Quellung. 100 :
1.	geruht	0,5610	0,6120	109,1	0,6100	109,0
	tetanisirt	0,6130	0,6640	108,1	0,6100	99,9
2.	geruht	0,6898	0,7273	105,4	0,7263	105,2
	tetanisirt	0,7228	0,7573	104,0	0,6893	95,3
3.	geruht	0,5960	0,6300	105,7	0,6325	106,0
	tetanisirt	0,6560	0,6805	103,7	0,6480	99,0
4.	geruht	0,7765	0,8675	111,7	0,9245	119,0
	tetanisirt	0,8270	0,8825	106,7	0,8625	104,2
5.	geruht	0,6595	0,6790	102,9	0,6615	100,2
	tetanisirt	0,6835	0,7045	102,7	0,6665	97,5
6.	geruht	0,4750	0,5320	112,0	0,5365	112,9
	tetanisirt	0,4795	0,5120	106,9	0,5035	105,0

baren Stoffe entzogen wurden, ausgeschnitten ein geringeres Quellungsvermögen zeigen müsse als der vorher geruhte Muskel.

Auch einige derartige Versuche habe ich angestellt, bei denen die Frösche mit Strychnin in der schon öfter beschriebenen Weise tetanisirt wurden, während der eine Schenkel als geruht zuerst ohne Blutung abgeschnitten war. Als Imbibitionsflüssigkeit wendete ich 0,7 % haltige Kochsalzlösung an. Gleichzeitig wurden auch Trockenbestimmungen der Muskeln nach verschiedenen Imbibitionszeiten gemacht. Das Uebrige ergiebt die folgende Tabelle.

VIII.

bestehender Circulation tetanisirt wurden.

Gewicht des nach 48stündiger Quellung getrockneten Muskels in Grammen.	Procentische Menge der festen Stoffe im Muskel nach 48stündiger Quellung.	Gewicht des Muskels nach 151stündiger Quellung in Grammen.	Procentische Gewichtszunahme durch 151stündige Quellung. 100 :	Gewicht des nach 151stündiger Quellung getrockneten Muskels in Grammen.	Procentische Menge der festen Stoffe im Muskel nach 151stündiger Quellung.
0,1075 0,1140	20,0 18,6	—	—	—	—
0,1295 0,1273	18,7 17,6	—	—	—	—
0,1160 0,1110	20,0 17,0	—	—	—	—
—	—	0,9335 (todt) 0,7985 (lebt)	120,2 96,5	0,1233 0,1480	13,2 18,5
—	—	0,6713 (todt) 0,6255 (lebt)	101,8 91,5	0,1123 0,1140	16,9 18,2
—	—	0,5673 (todt) 0,5050 (zuckt noch, aber fängt an starr zu werden)	119,4 105,3	0,0685 0,0750	12,1 14,8

Die vorstehenden Resultate zeigen vor Allem, dass, wie erwartet, der unter Einfluss der Circulation tetanisirte Muskel ein geringeres Quellungsvermögen besitzt als der geruhte, da ja ein Theil seiner die Quellung vermittelnden Stoffe schon durch das Blut ausgewaschen ist.

Die Differenzen zu Gunsten des geruhten Muskels stellen sich folgendermassen:

I. Quellungszeit: 6 Stunden.

	Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels:
Nr. 1.	1,0 %
Nr. 2.	1,4 %
Nr. 3.	2,0 %
Nr. 4.	5,0 %
Nr. 5.	0,2 %
Nr. 6.	5,1 %
Im Mittel . . .	**2,4 %.**

II. Quellungszeit 48 Stunden.

	Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels:
Nr. 1.	10,1 %
Nr. 2.	9,7 %
Nr. 3.	7,0 %
Nr. 4.	14,8 %
Nr. 5.	2,7 %
Nr. 6.	7,9 %
Im Mittel . . .	**8,7 %.**

III. Quellungszeit 151 Stunden.

	Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels:
Nr. 4.	23,7 %
Nr. 5.	10,3 %
Nr. 6.	14,1 %
Im Mittel . . .	**16,0 %.**

Man erkennt, wie mit der Zeit der Quellung die anfängliche Differenz sich mehr und mehr steigert. —

Auf zwei aus vorstehender Beobachtung sich noch weiter ergebende Thatsachen habe ich noch schliesslich aufmerksam zu machen.

Erstens, dass die geruhten Muskeln eher abstarben als die tetanisirten, obwohl sie in der gleichen Quellungsflüssigkeit in je 30 CC. lagen ganz unter den gleichen äusseren Bedingungen.

Und zweitens, dass die anfänglich in den Muskel eingetretene Wassermenge bei 6 Stunden Quellungszeit sich bei längerer Dauer der Quellung wieder zu vermindern im Stande war.

Betrachten wir zuerst das erste dieser beiden Ergebnisse des Experiments, und fragen uns nach dem Grunde für die Erscheinung des rascheren Absterbens der geruhten Muskeln im Gegensatz zu den tetanisirten. Es unterliegt nach theoretischen Betrachtungen und nach den Ergebnissen meiner in der Folge mitzutheilenden Experimente über die Wirkung der Muskelzersetzungsproducte auf die Lebenseigenschaften des Muskels selbst, keinem Zweifel, dass das Absterben des Muskels eine Folge der in ihm sich anhäufenden Muskelzersetzungsproducte, der Milchsäure und des Kreatins sei. Je rascher die Anhäufung der selben vor sich geht, desto rascher erfolgt das Absterben.

Es ist daraus einleuchtend, dass der geruhte Muskel, der noch im Vollbesitz seines gesammten zersetzbaren säurebildenden Stoffes sich befindet, dadurch in Beziehung auf die Dauer seiner Erregbarkeit im Nachtheile ist gegenüber dem tetanisirten, der schon einen nicht unbeträchtlichen Theil seiner die Leistungsfähigkeit durch ihre Zersetzung und Anhäufung ihrer Zersetzungsproducte vernichtenden Stoffe verloren hat. Er wird darum, da er weniger Zersetzungsproducte in einer gegebenen Zeit zu bilden vermag, länger reactionsfähig bleiben als der scheinbar unter günstigeren Bedingungen sich befindende geruhte Muskel.

So erklärt sich sehr einfach im Zusammenhang mit all unseren bisherigen Anschauungen dieses anfänglich so abnorm erscheinende Verhältniss. Die später mitzutheilenden Versuche über Wiederherstellung der Muskelleistungsfähigkeit nach dem Tetanus durch Diffusion — Auswaschen — wird auch noch ein klares Licht auf die eben besprochene Erscheinung werfen.

Das Zweite, was wir noch zu besprechen haben, giebt uns wie mir scheint einen Fingerzeig, wie wir uns im lebenden Organismus die

Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Muskels in Beziehung auf das aufgenommene Wasser nach dem Tetanus zu denken haben.

Wir haben gesehen, dass der Muskel durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation eine nicht unbedeutende Menge von Wasser in sich aufnimmt. Was für Störungen in den normalen Stoffvorgängen innerhalb des Muskels daraus hervorgehen müssen, habe ich schon im ersten Capitel ausführlich besprochen. Die uns eben vorliegende Beobachtung, dass der Muskel im Stande ist, seine nach dem Tetanus aufgenommene Wassermenge aus inneren Ursachen wieder aus sich herauszupressen, zeigt uns die Art und Weise, wie der Muskel die Wirkung seiner Zersetzungsproducte wieder auszugleichen vermag. Es muss dies den Effect haben, dass nach einiger Zeit die Wirkungen des Tetanus auf die Muskeln wieder vollkommen verschwunden sind.

Der Vorgang scheint sich mir so zu gestalten. Der gutleistungsfähige Muskel, der wenig Zersetzungsproducte in sich erhält, hat nur ein sehr geringes Quellungsvermögen, es besteht in ihm eine Reaction gegen das Eindringen von Wasser, welche die Muskelsubstanz befähigt, sich in seiner normalen Stoffanordnung zu behaupten. Häufen sich mehr Zersetzungsproducte an, so nimmt nicht nur sein Quellungsvermögen zu, sondern auch die Energie seiner Lebenseigenschaften ab, da ja letztere, wie schon angedeutet, im umgekehrten Verhältniss zu der Menge in ihm angehäufter Zersetzungsproducte stehen. Der Muskel nimmt infolge dieser beiden Momente eine bestimmte Wassermenge in sich auf, er wird wasserreicher. Im Gefolge der Wasseraufnahme geht aber wieder eine Verminderung der Zersetzungsproducte, die ja für das eintretende Wasser aus dem Muskel austreten, einher. So heben sich die Lebenseigenschaften des Muskels wieder, und er wird in den Stand gesetzt, sein Beharrungsvermögen auf einer bestimmten chemischen Zusammensetzung neu zu entfalten, er presst das überschüssig aufgenommene Wasser wieder aus sich heraus. —

Dass es sich bei der Mehraufnahme von Wasser bei der Quellung in Wahrheit um ein der Wasseraufnahme entsprechendes Austreten diffundirbarer Stoffe handele, beweisen noch zum Ueberfluss die in der letzten Haupttabelle zusammengestellten Trockenbestimmungen. Während die tetanisirten Muskeln anfänglich eine geringere Menge fester Stoffe zeigen als die geruhten, zeigen in der zweiten Bestimmung die nun absolut wasserreicher gewordenen geruhten Muskeln eine der

Wassermehraufnahme entsprechende Verminderung ihrer festen Bestandtheile. —

Wir haben so nach allen uns zugänglichen Seiten den Satz, den wir anfänglich als Hypothese aufgestellt haben, beleuchtet:

Die Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation beruht auf einer Wirkung der Diffusion zwischen der durch den Tetanus an diffundirbarem Stoffe reicher gewordenen Muskelsubstanz und den umgebenden Flüssigkeiten: Blut und Lymphe.

Der Satz muss nun als vollkommen feststehend angesehen werden.

Wir waren nicht nur im Stande, experimentell nachzuweisen, dass das im tetanisirten Muskel sich mehr findende Wasser nicht an Ort und Stelle durch Oxydation von Muskelstoffen entstehe; — wir fanden nicht nur das Blut entsprechend der Verminderung der Concentration des Muskelsaftes durch den Tetanus concentrirter; — sondern wir haben mit aller Sicherheit das grössere Quellungsvermögen des tetanisirten Muskels gegenüber dem geruhten zu erweisen vermocht.

In allen Einzelbeobachtungen unter möglichster Variation der Versuchsbedingungen fanden wir unseren Satz auf das Vollkommenste bestätigt, sodass wir nun getrost einen weiteren Schritt vorwärts wagen dürfen.

§ 5.

Resultate.

Die directen Hauptversuchsergebnisse des vorstehenden Capitels sind folgende:

1. Die mit Ausschluss der Blutcirculation — ausgeschnitten — tetanisirten Muskeln zeigen keine erkennbare Vermehrung ihres Wassergehaltes.

2. Das Blut wird durch den Tetanus concentrirter, wasserärmer und reicher an festen Stoffen, und zwar im entsprechenden Maasse, als der Muskel das correspondirende, entgegengesetzte Verhalten zeigt: d. h. man ist im Stande, im Blute die bei dem Tetanus aus dem Muskel ausgetretenen Stoffe wiederzufinden.

3. Der lebende bei Ausschluss der Circulation teta-

nisirte Muskel zeigt im Vergleiche mit dem lebenden geruhten Muskel ein höheres Quellungsvermögen.

4. Der Unterschied im Quellungsvermögen des lebenden Muskels vor und nach dem Tetanus verschwindet mit der Ausbildung der Todtenstarre.

5. Der unter Einfluss der Circulation tetanisirte Muskel zeigt ein geringeres Quellungsvermögen als der geruhte, da ein Theil seiner die Quellung vermittelnden Stoffe schon durch das Blut ausgewaschen ist.

6. Die Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation beruht auf einer Wirkung der **Diffusion** zwischen den durch den Tetanus an diffundirbarem Stoffe reicher gewordenen Muskelsubstanz und den umgebenden Flüssigkeiten: Blut und Lymphe.

Viertes Capitel.

Die Extractivstoffe des Muskels im Allgemeinen.

§ 1.

Methode.

In den vorstehenden Capiteln der Untersuchung ist unsere Kenntniss des chemischen Vorgangs im Muskel während seiner Bewegung nicht unbedeutend erweitert worden.

Der Vorgang der Bewegung ist im Muskel nicht nur mit einer Stoffzersetzung, sondern auch mit einem Stoffverluste verbunden.

Der Vorgang des Stoffverlustes wurde in den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen uns nur im Allgemeinen bekannt; worauf, auf welche der verschiedenen Muskelstoffe, ob auf einen oder auf alle er sich beziehe, ist uns noch vollkommen unbekannt. Die Beobachtung über die Vermehrung des Kreatins im bewegten Muskel spricht sogar dafür, dass, neben dieser allgemeinen Abnahme des Muskels an festen Stoffen, einzelne seiner Bestandtheile vermehrt erscheinen können.

Es wird unsere Aufgabe sein, in den folgenden Capiteln die Untersuchung auf die Mengenverhältnisse der einzelnen Muskelstoffe vor uns nach dem Tetanus auszudehnen. Es darf uns nicht verwundern, wenn wir nach dem Beispiele des Kreatins im Laufe derselben vielleicht auf scheinbare Ausnahmen von dem Gesetze des Stoffverlustes durch Bewegung geführt werden sollten.

Betrachten wir zuerst die Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe des Muskels. Auch hier werden wir wieder, wie bei den vorstehenden Versuchen unsere Beobachtung zuerst an dem lebenden Thiere bei Bestand der Blutcirculation anzustellen haben. Dadurch charakterisiren sich die folgenden Versuche auf das deutlichste von denjenigen, welche von Helmholtz am ausgeschnittenen Muskel angestellt wurden. Wir werden jedoch später noch nachzuweisen haben, dass auch im ausgeschnittenen Muskel, ganz unabhängig von der Blutcirculation mit der Muskelaction eine Stoffabnahme verbunden sei.

Es ist kaum zu erwarten, dass durch die bisher angewendeten Methoden der quantitativen Extractbestimmung eine Gewichtsabnahme in den Grenzen, in welchen sich die hier in Frage kommende bewegt, hätte wahrgenommen werden können. So erklärt es sich, dass wir in der schon oft citirten classischen Arbeit von Helmholtz über die Extractivstoffe des Muskels keine sicheren Angaben über die Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe des ruhenden im Vergleiche mit denen des tetanisirten Muskels finden. Es findet sich dagegen die Angabe, dass im Allgemeinen die Zunahme der in Alkohol löslichen Extractivstoffe der Abnahme der in Wasser löslichen entsprochen habe, d. h. die Gesammtmenge der Extractivstoffe des ausgeschnittenen Muskels vor und nach dem Tetanus scheint keine wahrnehmbare Verminderung oder Vermehrung zu zeigen.

Dieses Resultat ist nicht im Stande, uns von einer vergleichenden Untersuchung der Gesammtmenge der Extractivstoffe abzuhalten. Die Verhältnisse bei der Muskelaction im lebenden Organismus müssen sich — wie dies auch Helmholtz vermuthet — sicher unter dem Einfluss der Circulation anders stellen als ohne dieselbe. Abgesehen hiervon bietet uns die Anwendung des Strychnintetanus durch die uns schon bekannte enorme Stärke seiner Wirkung die Bürgschaft für verhältnissmässig starke, nicht leicht zu übersehende Veränderungen. —

Wer nach den bisher geläufigen Methoden Extractbestimmungen

in thierischen Stoffen schon vorzunehmen Gelegenheit gehabt hat, weiss, mit welchen fast unübersteiglichen Schwierigkeiten der physiologische Chemiker hiebei zu kämpfen hat. Wie schwer ist es, die Gesammtmenge des Extractes aus dem zu untersuchenden Gebilde herauszubekommen. Wie massenhaft häufen sich hiebei die zur Extraction benutzten Flüssigkeiten an. Wie unreinlich wird dadurch auch unter geschickten Händen die gesammte Manipulation. Und wenn man nun endlich die schmierige Masse zur Trockene gebracht hat, wer ist im Stande, dieselbe ohne eine ganz uncontrolirbare Zunahme des Gewichtes durch Wasseranziehung zu wägen? Alle diese Umstände vereinigten sich, um die quantitativen Bestimmungen, durch diese Methoden gewonnen, in ihrem Werthe sehr bedeutend zu beeinträchtigen.

Ich glaube Manchem, der sich mit analogen Untersuchungen beschäftigt, einen Dienst damit zu erweisen, wenn ich die von mir benutzte Methode der quantitativen Extractbestimmung genauer mittheile; da diese von der Mehrzahl der genannten Schwierigkeiten und Fehlerquellen zwar auch nicht absolut frei ist, dieselben jedoch auf ein Minimum reducirt hat.

Die Methode sieht von vornherein davon ab, die ganze in dem Muskel enthaltene Extractmenge direct zu bestimmen, ein Vorhaben, welches, wie bekannt, fast vollkommen unmöglich auszuführen ist. Es genügt, einen bestimmten Theil der Gesammtmenge der Muskelflüssigkeit, wenn letztere festbestimmbar ist, in dieser Richtung zu untersuchen. Das gewonnene Resultat wird sich sodann auf den Gesammtmuskel beziehen lassen. Es wird dieser Gedanke am einfachsten an einem Beispiel sich klar machen lassen.

Probeversuch
für die Methode der Bestimmung der Wasserextractmenge des Muskels.

Die nachstehend mitgetheilte Bestimmung der Wasserextractmenge in gleichnamigen Muskeln eines und desselben Individuums wurde zu dem Zwecke unternommen, die in Anwendung gezogene Methode auf ihre Genauigkeit zu prüfen.

Gleichnamige Muskeln desselben Thieres mussten zur Bestimmung darum gewählt werden, weil die Wasserbestimmungen an verschiedenen Muskeln desselben Individuums gelehrt haben, dass die Gesammtmenge

an festem Stoffe, und damit vielleicht auch die Gesammtmenge an Extract, in nicht unbedeutenden Grenzen schwanken könne. Wir werden sogleich sehen, dass der Wassergehalt des Muskels bei unserer Bestimmungsmethode eine nicht unwichtige Rolle spielt.

Das Versuchsverfahren ist im Principe folgendes:

Ein bestimmtes Gewicht Muskel, welches man solange in wenig Wasser erhitzt hat, bis alles Eiweiss im Muskelsafte geronnen und unlöslich in Wasser geworden ist, und dessen Wassergehalt vor und nach dem Erhitzen genau bekannt ist, wird nach dem vollkommenen Erkalten, um möglichst ein Auflösen von Leim zu vermeiden, möglichst zerkleinert und mit einer gemessenen Menge Wassers versetzt, dessen Menge mit Hinzurechnung des im Muskel nach dem Erhitzen noch enthaltenen Wassers eine bekannte, beliebige, aber womöglich, zur Vereinfachung der Rechnung, runde Zahl beträgt. Die Gesammtmasse des Muskels und Wassers wird mit sorgfältiger Vermeidung eines Gewichtsverlustes durch Verdunstung von Wasser solange ruhig gestellt, bis man annehmen kann, dass durch Diffusion sich die löslichen Bestandtheile des Muskels gleichmässig in der gesammten Flüssigkeitsmenge vertheilt haben — 18 bis 24^h, — eine gemessene Menge der von den ungelösten Muskelstoffen abfiltrirten Flüssigkeit wird dann zur Trockne gebracht und gewogen. Aus dem hiebei gefundenen Gewicht an Extractivstoffen rechnet man die Gesammtmenge derselben in dem untersuchten Muskel.

Nach diesen Vorbemerkungen wird der Versuchsmodus im Einzelnen leicht verständlich sein.

Wasserextractbestimmung im Froschmuskel:

1. Von den zwei zu diesem Versuche verwendeten Fröschen wurden die rechten Hinterschenkel nach vollständiger Entfernung des Blutes aus denselben zur ersten Bestimmung verwendet.

Die Fleischmasse betrug = 10,83 Gramm. Sie wurde mit einer geringen aber unbestimmten Gewichtsmenge Wassers 20 Minuten lang gekocht. Nach dem Kochen und vollkommenen Erkalten wurde das Fleisch mit dem noch übrigen Wasser zurückgewogen; das Gewicht betrug nun 11,55 Gramm.

Im Mittel aus allen den Wasserbestimmungen, die von mir in gleicher Jahreszeit am Froschmuskel vorgenommen wurden, betrug der Gehalt desselben an festen Stoffen: 20,4 %.

In 10,83 Gramm Fleisch sind demnach
2,21 „ feste Stoffe.

Ebensoviel feste Stoffe sind natürlich noch enthalten in dem Fleisch nach dem Kochen. Es ergiebt sich demnach:

11,55 Gramm Gesammtmasse,
— 2,21 „ feste Stoffe,
= 9,34 Gramm = CC. Wasser.

Nach dem Nachwiegen wurde der gekochte Muskel in eine kleine Porzellanreibschale gebracht und dort zu einem sehr feinen Brei zerrieben mit Zusatz von etwas Wasser. Das Wasser lief aus einer Bürette, also gemessen, zu.

Dieser feine Brei wurde vorsichtig in ein gut verschliessbares Kölbchen gebracht und alle zu der bisherigen Manipulation verwendeten Gefässe und Instrumente mit Wasser, das aus der Bürette zugelassen wurde, — die Bürette ist ganz gut als Sprützflasche zu benutzen, wenn sie bequem gestellt ist, — abgespült; das Spülwasser in dem Kölbchen mit der übrigen Masse vereinigt.

Wie gesagt, sollte die Gesammtmenge des in dieser Emulsion befindlichen Wassers eine runde Zahl betragen. Hier sollte diese Zahl = 100 CC. sein. Da nun in der angewendeten Masse schon 9,34 CC. = Grammen Wasser enthalten waren, so mussten um 100 CC. zu bekommen, noch 90,67 CC. = 90,7 CC. zugesetzt werden; so viel wurde als Spülwasser verbraucht.

Die Emulsion blieb nun in dem Glaskölbchen, welches gut verkorkt war, 18^h stehen.

Nach dieser Zeit wurde die auf der festen Substanz stehende Flüssigkeit auf ein kleines Filter gebracht, der Trichter mit einer gut schliessenden Glasplatte bedeckt und die ablaufende Flüssigkeit in einem Glaskölbchen mit sehr engem Halse aufgefangen. Dies und das Bedecken des Trichters hatte den Grund, Verdunstung möglichst zu vermeiden.

Die ablaufende Flüssigkeit ist vollkommen eiweissfrei, klar wie Wasser; nur in sehr dicken Schichten etwas opalescirend, farblos.

25 CC. derselben wurden, also der vierte Theil der Gesammtflüssigkeitsmenge, davon abgemessen und zur Trockene verdunstet.

Zu diesem Behufe wendete ich grosse und ziemlich tiefe Uhrscha-

len an, die etwas über 30 CC. Flüssigkeit auf einmal aufnehmen konnten. Dieselben waren an ihrem Rande sehr genau geschliffen, sodass sie mit einer mattgeschliffenen dünnen Glasplatte von der Grösse des äusseren Randes der Uhrschalen vollkommen luftdicht verschlossen werden konnten. Der Verschluss war durch ein Kautschukband befestigt. In diesen Apparat, der vorher genau auf einer chemischen Wage gewogen worden war, wurden die 25 CC. der Flüssigkeit gebracht und im Trockenkasten bei der Temperatur des siedenden Wassers zur Trockene eingedampft. Die trockene Masse kam noch auf 24 h unter die Luftpumpe. Das Gewicht wurde dadurch constant. Die Apparate nahmen auch auf der Wage durchaus nicht an Gewicht zu, zum Beweis, dass kein Luftzutritt zu den Extracten statthatte.

Die so gewonnenen Extracte sind bei vorsichtigem Trocknen fest und von fast absolut weisser Farbe. Erst bei längerem Trockenstehen bei 100° C. wird die Farbe leicht bräunlich. Der Geruch ist sehr gering, bei längerem Erhitzen bratenartig. Die ganze Masse hat ein krystallinisches Aussehen, meist nur in der Mitte und Tiefe der Glasschale ist sie vollkommen amorph. Eiweiss ist auch nicht spurweise darin enthalten, jedoch stets, obwohl das Extract kalt gemacht wurde, etwas Leim. Dies ist der Grund, warum bei vergleichenden Versuchen sowohl die Dauer des Kochens des Fleisches, als die zur Extraction angewendete Wassermenge und Diffusionszeit ganz gleichmässig sein muss, um den bestehenden Versuchsfehler möglichst constant zu erhalten.

Gehen wir auf unseren speciellen Versuch zurück.

Die besprochenen 25 CC. Flüssigkeit wurden zur Trockene gekocht und gewogen. Das Gewicht des Rückstandes betrug:

0,0890 Gramm.

Es ist dies — 25 CC. : 100 CC. — der vierte Theil der Gesammtmenge der Extracte der zur Untersuchung verwendeten Muskeln.

In 10,8315 Grammen Muskel sind
0,0890 · 4 Gramm
= 0,356 Gramm Extract,
10,8315 : 0,356 = 100 : 328.

Die Gesammtmenge der Extracte in dem untersuchten Muskel beträgt: **3,28 %** der feuchten Masse.

Nach dieser ausführlichen Besprechung und auf dieselbe zum Verständniss verweisend kann ich den zweiten Theil des Versuches um so kürzer darstellen.

2. Extractbestimmung in den zwei linken Hinterschenkeln desselben Froschpaares.

Muskel frisch	11,1178	Gramm,	
,, gekocht in Wasser . . .	12,80	,,	
Im frischen Muskel feste Stoffe . .	2,28	,,	
demnach im gekochten Muskel Wasser	10,52	,,	= CC.
Dazu als Waschflüssigkeit Wasser .	89,5	,,	= CC.
Dadurch die Gesammtwassermenge .	100	,,	= CC.
davon 25 CC. eingedampft.			
Die 25 CC. enthielten Extract . .	0,0911	,,	
In 11,1178 Gramm Fleisch demnach die Gesammtextractmenge . . .	0,3644	,,	
100 Gramm Fleisch enthalten demnach	3,27	,,	

Die Gesammtmenge der Wasserextracte in dem untersuchten Muskel beträgt demnach: 3,27 % der feuchten Masse.

Die Untersuchung der gleichnamigen Muskeln derselben Thiere ergab vorher 3,28 %. Der Unterschied ist nur = 0,01 %.

Der im Vorstehenden mitgetheilte Versuch spricht deutlich genug dafür, dass die in Anwendung gezogene Methode in ganzer Ausdehnung ihren Zweck erfülle. Die a priori nicht zurückzuweisenden Bedenken gegen die Methode:

1. trotz aller Vorsicht ist doch eine Wasserverdunstung nicht vollkommen auszuschliessen;

2. ein wenn auch noch so geringer Theil der Waschflüssigkeit bleibt an den Gefässen, die in Anwendung gezogen wurden, hängen und geht uncontrolirt verloren;

3. die Uebertragung von Wassergewicht auf Volum ist stets mit Fehlern verbunden;

4. die Concentration der Flüssigkeit im Innern der Muskelbündel ist vielleicht eine andere als ausserhalb derselben,

sind durch den Versuch als vollkommen einflusslos auf das Gesammtresultat widerlegt.

§ 2.

Bestimmung der Wasserextractmenge des ruhenden und tetanisirten Muskels unter Einfluss der Circulation.

Nach Darlegung der Methode, nachdem gezeigt worden ist, dass dieselbe allen Anforderungen, die an eine solche in Betreff der Genauigkeit gemacht werden können, in vollkommener Weise entspricht, kann an die Darlegung der mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate gegangen werden.

Der Versuchsplan war in Beziehung auf die Bestimmung der Extracte im Allgemeinen der gleiche, wie ich ihn schon bei der vergleichenden Wasserbestimmung angewendet habe. Auch hier wurde behufs der Untersuchung des ruhenden Muskels dem Frosche das eine Bein abgebunden. Alle Vorsichtsmaassregeln, die in Betreff der Verdunstung, des im Muskel zurückbleibenden Blutes etc. getroffen wurden und getroffen werden müssen, um vergleichbare Resultate zu erlangen, sind schon im zweiten Capitel bei der Darlegung der Methode angegeben worden. Ich verweise an diesem Orte auf diese Darlegung mit dem Bemerken, dass keine der dort angegebenen Vorsichtsmaassregeln hier unterlassen wurde. Wie bei dem im Vorstehenden ausführlich besprochenen Probeversuch wurden auch hier je zwei Frösche zu einer Untersuchung verwendet; von jedem je ein Hinterbein.

Da die Untersuchung von Wichtigkeit für unsere Frage ist, werde ich auch hier, wie bei den vergleichenden Wasserbestimmungen, die ganzen Versuchsprotokolle mittheilen. Als Mittelzahl für den Wassergehalt des ruhenden Muskels wurden 79,6 %, für den des tetanisirten 81,7 % angenommen.

Versuche.

Vergleichende Bestimmung der Wasserextractmenge des ruhenden und tetanisirten Muskels unter dem Einflusse der Circulation.

Nr. I.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch	7,85	Gramm.
- gekocht	7,00	-
7,85 Gramm Muskel enthalten feste Stoffe	1,60	-

In 7,00 Grammen gekochtem Fleische sind
demnach noch enthalten an Wasser . . 5,40 Gramm.
.5,40 CC. Aq. + 54,6 CC. — 60 CC. = Gramm Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen
enthalten . . . . 0,1891 Gramm.
Demnach in 7,85 Grammen Fleisch . . 0,3782 -

7,85 : 100 = 0,3782 : 4,81.

In dem ruhenden Muskel sind enthalten **4,81** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.
Muskel frisch . . . . 8,60 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 9,40 -
8,60 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,60 -
In 9,40 Grammen gekochtem Fleische sind
demnach an Wasser enthalten . . . 7,8 -

7,80 CC. + 52,2 CC. = 60 CC. Aq., davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractiv-
stoffen enthalten . . . . 0,1888 Gramm.
Demnach in 8,60 Grammen Fleisch . . 0,3776 -

8,60 : 100 = 0,3776 : 4,39.

In dem tetanisirten Muskel sind enthalten **4,39** % Extractivstoffe.
Der ruhende Muskel enthielt **4,81** % an Extractivstoffen.

Es findet sich demnach in dem tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe und zwar um **0,44** % der feuchten Muskelmasse und um **12,3** % der Gesammtextractmenge.

Nr. II.

1. ruhender Muskel.
Muskel frisch . . . . 8,65 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 9,10 -
8,65 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,76 -
9,10 Gramm gekochtes Fleisch an Wasser 7,34 -

7,34 CC. + 52,7 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractiv-
stoffen enthalten . . . . 0,2200 Gramm.

Demnach in 8,65 Grammen Fleisch . . 0,4400 Gramm.

8,65 : 100 = 0,44 : 5,08.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **5,08** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . 9,60 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 13,15 -

9,6 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,76 -

13,15 Gramm gekochtes Fleisch an Wasser 11,4 -

11,4 CC. + 48,6 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen enthalten . . . . 0,2303 Gramm.

9,60 Gramm Fleisch demnach . . . . 0,4606 -

9,6 : 100 = 0,4606 : 4,79.

Im tetanisirten Muskel sind enthalten **4,79** % Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel **5,08** %.

Es findet sich demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe und zwar um **0,29** % des feuchten Muskels und um **8** % der Gesammtextractmenge.

Nr. III.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . 7,75 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 9,30 -

In 7,75 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,60 -

Demnach in 9,30 Grammen gekochte Muskel Wasser . . . . 7,7 -

7,7 CC. + 52,3 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten enthalten . . . . 0,1418 Gramm.

In 7,75 Grammen Muskel . . . . . 0,2823 -

7,78 : 100 = 0,2823 : 3,66.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **3,66** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . 8,45 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 12,10 -

In 8,45 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,60 Gramm.
Demnach in 12,1 Grammen gekochten
Muskel Wasser . . . . 10,5 -
10,5 CC. + 49,5 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten
enthalten . . . . 0,1440 Gramm.
In 8,45 Grammen Muskel . . . . . 0,2880 -
8,45 : 100 = 0,288 : 3,40.

Im tetanisirten Muskel sind demnach enthalten **3,40** % Extractivstoffe.

Im ruhenden **3,66** %.

Es findet sich demnach eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe im tetanisirten Muskel und zwar um **0,26** % des feuchten Muskels und um **7,6** % der Gesammtextractivstoffe.

Nr. IV.

1. ruhender Muskel.
Muskel frisch . . . . 6,40 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 14,45 -
In 6,4 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,30 -
Demnach in 14,45 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . 13,1 -
13,1 CC. + 46,9 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen 0,1287 Gramm.
Demnach in 6,4 Grammen Muskel . . . 0,2574 -
6,4 : 100 = 0,2574 : 4,02.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **4,02** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.
Muskel frisch . . . . 7,50 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 16,80 -
In 7,50 Grammen Muskel sind an festen
Stoffen . . . . 1,40 -
Demnach in 16,8 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . 15,4 -
15,4 CC. + 44,6 CC. = 60 CC.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an

Extractivstoffen . . . . 0,1420 Gramm.

In 7,5 Grammen Muskel . . . . . 0,2840 -

7,5 : 100 = 0,284 : 3,78.

Im tetanisirten Muskel sind an Extractivstoffen enthalten **3,78** %; im ruhenden dagegen **4,02** %.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,24** % des feuchten Muskels und **6,3** % der Gesammtmenge der im Muskel enthaltenen Extractivstoffe.

Nr. V.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . 7,30 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . . 11,50 -

7,3 Gramm Muskel enthalten feste Stoffe 1,50 -

Demnach in 11,5 Grammen gekochtem

Muskel Wasser . . . . 10,0 -

10 CC. + 50 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an

Extractivstoffen . . . . 0,1452 Gramm.

In 7,30 Grammen Fleisch demnach . . 0,2904 -

7,3 : 100 = 0,2904 : 3,97.

Im ruhenden Muskel sind demnach enthalten **3,97** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . 8,55 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . . 10,05 -

In 8,55 Grammen Fleisch sind enthalten

an festen Stoffen . . . . 1,56 -

Demnach in 10,05 Grammen gekochtem

Muskel Wasser . . . . 8,5 -

8,5 CC. + 81,5 CC. = 90 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an

Extractivstoffen . . . . 0,0995 Gramm.

In 8,55 Grammen Fleisch . . . . . . 0,2985 Gramm.

8,55 : 100 = 0,2985 : 3,49.

Im tetanisirten Muskel sind demnach enthalten **3,49** % Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel waren enthalten **3,97** %.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,48** % der feuchten Muskelmasse und **13,7** % der Gesammtmenge der Extractivstoffe im ruhenden Muskel.

Nr. VI.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . 9,80 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 15,20 -
In 9,80 Grammen Muskel sind feste Stoffe 2,00 -
Demnach in 15,2 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . 13,2 -

13,2 CC. + 46,8 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extractivstoffen . . . . 0,1921 Gramm.
In 9,8 Grammen Muskel . . . . . 0,3842 -

9,8 : 100 = 0,3842 : 4,02.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **4,02** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . 10,75 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 14,00 -
In 10,75 Grammen Fleisch sind feste Stoffe 1,97 -
Demnach in 14 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . 12,1 -

12,1 CC. + 47,9 CC. = 60 CC.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extractivstoffen . . . . 0,1813 Gramm.
In 10,75 Grammen Muskel . . . . . 0,3626 -

10,75 : 100 = 0,3626 : 3,37.

Es enthält demnach der tetanisirte Muskel **3,37** % Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel waren enthalten **4,02** %.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,65** % des feuchten Muskels und **19,3** % der Gesammtmenge der Extractivstoffe.

Nr. VII.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . 10,45 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . . 13,05 -
In 10,45 Grammen Muskel sind feste Stoffe 2,13 -
Demnach in 13,05 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . 10,90 -

10,9 CC. + 49,1 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extracten . . . . 0,1896 Gramm.
In 10,45 Grammen Muskel . . . . . . 0,3792 -

10,45 : 100 = 0,3792 : 3,55.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **3,55** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . 11,55 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . . 12,00 -
In 11,55 Grammen Fleisch sind feste Stoffe 2,10 -
Demnach in 12,00 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . 9,9 -

9,9 CC. + 50,1 CC. = 60 CC.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten . 0,1758 Gramm.
In 11,55 Grammen Muskel . . . . . . 0,3516 -

11,55 : 100 = 0,3516 : 3,02.

Im tetanisirten Muskel sind enthalten **3,02** % Extractivstoffe.
Im ruhenden dagegen **3,55** %.

Es hat demnach eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe im tetanisirten Muskel stattgefunden und zwar um **0,53** % des feuchten Muskels und **17,5** % der Gesammtmenge der Extractivstoffe im Muskel.

Um die Uebersicht über die gewonnenen Resultate zu erleichtern, stelle ich dieselben in folgender Tabelle zusammen. Es scheint zweckmässig, nur die procentischen Werthe einzureihen.

Tabelle I.

Vergleichende Wasserextractbestimmungen bei Fortbestand der Circulation.

Versuchs-Nummer.	Zustand des untersuchten Muskels. 100 Gramm.	Gesammt-extractmenge.	Differenz der Extractmengen.	Die Differenz auf Procente der Gesammt-extractmenge berechnet.
1.	ruhend tetanisirt	4,81 4,39	— 0,44	— 12,3 %
2.	ruhend tetanisirt	5,08 4,79	— 0,29	— 8 %
3.	ruhend tetanisirt	3,66 3,40	— 0,26	— 7,6 %
4.	ruhend tetanisirt	4,02 3,78	— 0,24	— 6,3 %
5.	ruhend tetanisirt	3,97 3,49	— 0,48	— 13,7 %
6.	ruhend tetanisirt	4,02 3,37	— 0,65	— 19,3 %
7.	ruhend tetanisirt	3,55 3,02	— 0,53	— 17,5 %
Im Mittel	**ruhend** **tetanisirt**	**4,25** **3,75**	— 0,4	—10,6 %

Als Mittelzahlen aus den gefundenen Werthen berechnen sich demnach folgende:

Wasserextractmenge des ruhenden Muskels 4,25 %
„ „ tetanisirten „ 3,75 %
Procentische Differenz . . . . 10,6 %.

Die in vorstehender Tabelle zusammengestellten Zahlen lassen in manchen Beziehungen die Klarheit vermissen, welche sich bei der Bestimmung des Wassergehaltes der ruhenden und tetanisirten Muskeln

in so überraschender Weise für einige Fragen über Leistungsfähigkeit des Muskels und den bei der Arbeit eintretenden Stoffverlust zu erkennen gegeben hatten.

Der Satz, den wir durch jene genannten Untersuchungen festgestellt haben:

Der Stoffverlust bei der Muskelaction ist um so grösser, je grösser die Menge der festen Stoffe des Muskels vor der Thätigkeit ist;

lässt sich aus dieser Untersuchungsweise nicht nachweisen. Der Schluss, welchen sie gestattet, heisst einzig:

Die Muskelaction ist mit einer Verminderung der Wasserextractivstoffe des Muskels verbunden und zwar im Mittel um 10,6 % der Extractmenge.

Wir haben damit nachgewiesen, dass an der Stoffabnahme des Muskels, die wir als Resultat des Tetanus erkannt haben, sich die Extractivstoffe mit betheiligen.

Diese Erfahrung liess sich a priori aus den bisher bekannten Thatsachen nicht erwarten.

Helmholtz selbstverständlich hatte bei seinen Untersuchungen der ausgeschnittenen, dem Kreislauf des Blutes entzogenen Muskeln diesen Satz nicht gefunden.

Liebig und Sarokow haben nachgewiesen, dass das Kreatin im Muskel nach Bewegung vermehrt ist.

Es wäre denkbar gewesen, dass die Gesammtmenge der Extracte, offenbar von zwei sich entgegenwirkenden Momenten beeinflusst, von welchen das eine Vermehrung, das andere Verminderung der Gesammtmenge anstrebt, auch eine Vermehrung nach dem Tetanus hätte zeigen können. Dem ist nicht so; das Moment der Verminderung herrscht vor.

Die Verminderung der Stoffmenge des Muskels nach dem Tetanus, welche sich auf eine Abnahme an Extractivstoffen bezieht, beträgt im Mittel:

0,4 %,

während der Gesammtverlust an festem Stoff bei Tetanus nach den Resultaten der vergleichenden Bestimmung des Wassergehaltes der ruhenden und tetanisirten Muskeln im Durchschnitt auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet:

1,7 %

betrug. Die Abnahme an Extractivstoffen im Muskel durch den Tetanus beträgt demnach nur ohngefähr $^1/_4$ der Gesammtmuskelabnahme an festen Stoffen.

§ 3.

Zusammenhang der Gesammtmenge der Extractivstoffe mit der Leistungsfähigkeit des Muskels.

Da wir in diesen Versuchen bisher nicht im Stande waren, uns über den Zusammenhang der Gesammtmenge der Extractivstoffe in Beziehung zu der Leistungsfähigkeit des Muskels zu unterrichten, wohl doch aus mangelnder absoluter Genauigkeit der Resultate, so liegt es nahe, den zweiten Weg zur Beantwortung dieser Frage einzuschlagen, den wir im zweiten Capitel in Beziehung auf die Erkenntniss der Function des Wassers in der Zusammensetzung des Muskelgewebes eingeschlagen haben. Wir benützten dort, zur Erweiterung unserer Kenntnisse die Erfahrungen, welche die Untersuchung der Thierspecies in verschiedenen Lebensaltern, und verschiedener Species derselben Thierclasse geliefert hatten.

Leider liegt in dieser Beziehung für unsere Frage wenig brauchbares Material in der Literatur vor. Wieder sind es die Untersuchungen von v. Bibra, welche wenigstens einigen Aufschluss zu geben vermögen.

Er fand als Gesammtmenge des wässerigen Fleischextractes — d. h. der durch Erhitzen von Eiweiss befreiten, bei 100° abgedampften Fleischflüssigkeit:

bei der Ente (zahm)	4 %
Sperling	6 %
Schwalbe	7 %

auf 100 Gramm frisches Fleisch gerechnet.

Es ist dies, freilich mangelhaft genug, doch dasselbe Resultat, wie wir es bei den Bestimmungen der Gesammtmenge der festen Stoffe gefunden haben. Auch die Menge der Extractivstoffe des Fleisches scheint schon hiernach in einer directen Beziehung zu stehen mit der Leistungsfähigkeit der Muskeln. Thiere, welche vermöge ihrer Lebensart gezwungen sind, in der Zeiteinheit grössere Anstrengungen von ihren Muskeln zu verlangen als andere, zeigen eine grössere Gesammtmenge des Fleischextractes.

Unsere in der Tabelle mitgetheilten Zahlen widersprechen diesem Satze nicht.

Wir haben ebenfalls im zweiten Capitel nachgewiesen, dass sich das Gesetz der Leistungsfähigkeit des Muskels als Function seines Gehaltes an festen Stoffen bei Untersuchung der ungleichnamigen, verschieden thätigen Muskeln desselben Organismus scheinbar umkehre. Wir sahen gerade darin, dass die leistungsfähigsten Muskeln im Einzelorganismus zugleich die angestrengtesten sind, einen schönen Beweis für dies aufgestellte Gesetz.

Dasselbe Phänomen, dem wir dort begegneten, treffen wir auch hier. Folgende zwei Untersuchungen am Kaninchen werden über die hier obwaltenden Verhältnisse aufklären. Die Untersuchung wurde an zwei verschiedenen Kaninchen angestellt.

Vergleichende Bestimmungen der Wasserextractmenge der ungleichnamigen Muskeln des gleichen Thieres.

Nr. I.

Versuchsthier: Kaninchen.

1. Untersuchter Muskel vom Rücken.

Fleischgewicht	32,98 Gramm.
Gesammtwassermenge	170 CC.
25 CC. der Flüssigkeit enthielten Extracte	0,2080 Gramm.
In 32,98 Grammen Fleisch waren demnach Extracte	1,4144 ,,

= **4,2** % Extracte.

2. Untersuchter Muskel vom Schenkel desselben Thieres.

Fleischgewicht	29,29 Gramm.
Gesammtwassermenge	170 CC.
25 CC. der Flüssigkeit enthielten Extracte	0,1649 Gramm.
In 29,29 Grammen Fleisch waren demnach Extracte	1,102 ,,

= **3,83** % Extracte.

Der Schenkelmuskel, welcher auch weniger feste Stoffe im Allgemeinen enthält, besitzt auch weniger Extractivstoffe als der Rückenmuskel. Der Unterschied beträgt:

0,37 %

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet.

Nr. II.

Versuchsthier: Kaninchen.

1. Untersuchter Muskel vom Rücken.

Muskelgewicht	27,02 Gramm.
Gesammtmenge des Wassers	200 CC.
50 CC. Flüssigkeit enthielten Extracte .	0,3086 Gramm.
In 27,02 Grammen Fleisch waren demnach Extracte	1,2344 „

= **4,56** % Extracte.

2. Untersuchter Muskel vom Schenkel desselben Thieres.

Muskelgewicht	43,05 Gramm.
Gesammtmenge des Wassers	200 CC.
50 CC. Flüssigkeit enthielten Extracte .	0,4672 Gramm.
In 43,05 Grammen Fleisch waren demnach Extracte	1,7688 „

= **4,14** % Extracte.

Der Unterschied in dem Gesammtgewicht der Extracte beträgt in dieser Untersuchung zum Nachtheile des Schenkelfleisches

0,42 %

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet.

Es stellt sich aus beiden Untersuchungen heraus, dass ein gleiches Feuchtgewicht der verschiedenen Muskeln desselben Thieres je nach ihrer Thätigkeit im Leben verschiedene Extractmengen enthalten und zwar der thätigere weniger als der ruhendere: der Schenkelmuskel weniger als der Rückenmuskel, ganz analog der Erfahrung über den Gehalt der Muskeln an festen Stoffen im Allgemeinen.

§ 4.

Beweis, dass die Wasserextractivstoffe des Muskels durch den Tetanus nicht nur eine relative, sondern eine absolute Verminderung erleiden.

Es würde nach den bisher erkannten Verhältnissen des Stoffverlustes des Muskels bei dem Tetanus, als dessen Hauptursache wir die Vorgänge der Diffusion zwischen Muskelflüssigkeit und Blut erwiesen haben, wohl verzeihlich erscheinen, wenn wir zur Erklärung des im § 2. nachgewiesenen Verlustes des Muskels an Wasserextractivstoffen

auch als einzigen Erklärungsgrund einen gesteigerten Diffusionsvorgang annehmen würden.

Doch geben uns die Resultate der Untersuchung von Helmholtz einen Fingerzeig dafür, dass neben den Einflüssen der Diffusion auch noch andere innere Vorgänge auf die Muskelwasserextractivstoffe vermindernd einwirken könnten. Die genannten Versuchsresultate scheinen darauf hinzudeuten, dass eine chemische Beeinflussung der durch ihre Zersetzung die Wasserextractivstoffe liefernden Muskelbestandtheile während des Tetanus sich einstelle, durch welche einem grösseren Theil der Abkömmlinge der besprochenen Stoffe die Fähigkeit, sowohl in eine wässerige Lösung überzugehen, als auch sich in Alkohol zu lösen, ertheilt würde.

Unsere Aufgabe muss aus diesem Grunde sein, durch das Experiment zu erfahren, ob die Verminderung der Wasserextractivstoffe eine nur relative oder eine absolute sei. Im letzteren Falle müsste sich eine Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus auch bei Muskeln, die den Einflüssen der Circulation während des Tetanisirens entzogen sind, nachweisen lassen. Ist dies der Fall, so ist damit jene innere, chemische Beeinflussung, durch welche die Resultate der Oxydation eine veränderte Richtung erhalten würden, wie sie eben vermuthungsweise angenommen wurde, als eine der durch den Tetanus eintretenden Veränderungen in dem Chemismus des Muskels bewiesen. Es würde uns damit ein Einblick in eine zweite Reihe von Stoffvorgängen im Muskel während seiner Thätigkeit eröffnet, auf der wir experimentell fortzubauen im Stande sein würden. —

Gehen wir sogleich zur Besprechung der zur Entscheidung der vorliegenden, wichtigen Frage angestellten Versuche.

Der Tetanus wurde an dem galvanischen Präparate ganz nach der im dritten Capitel, § 2. beschriebenen Art und Weise hervorgerufen. Die Methode ist an dem angegebenen Orte nachzusehen.

Die Methode der Extractbestimmung war vollkommen die im vorliegenden Capitel, § 1. besprochene.

Als Mittelzahl für den Muskelwassergehalt wurde 80 % angenommen. Das Uebrige ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuchsprotokolle, die ich möglichst vollständig gebe.

Es wurden stets drei Frösche zu einem Versuche verwendet.

Versuche.

Vergleichende Bestimmung der Gesammtwasserextractmengen des ruhenden und tetanisirten Muskels bei Ausschluss der Circulation.

Nr. I.

Beginn des Tetanus: 3^h 48′
Ende des Tetanus: 5^h —

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch	14,0	Gramm.
14,0 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,2	,,
Bei dem Kochen kam an Wasser hinzu .	10,3	,,
Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht	78,5	,,
Die Emulsion enthält im Ganzen danach an Wasser	100	,, =CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . .	0,1304	,,
In 14 Grammen ruhendem Muskel waren danach enthalten	0,5216	,,
Auf 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,72**	,,

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	14,87	Gramm.
14,87 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,9	,,
Bei dem Kochen kam noch hinzu . . .	5,9	,,
Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht	82,2	,,
Die Emulsion enthält danach im Ganzen an Wasser	100	,, =CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . .	0,128	,,
In 14,87 Grammen tetanisirtem Muskel waren demnach enthalten	0,5120	,,
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,44**	,,

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: 3,72 %, der tetanisirte: 3,44 %. Es zeigt sich demnach bei dem tetanisirten Muskel eine Verminderung der Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe um **0,28** % der feuchten Muskelmasse und **8,1** % der Gesammtextractmenge.

Nr. II.

Beginn des Tetanus: 2^h 50′

Ende des Tetanus: 4^h 16′.

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch	13,8 Gramm.	
13,8 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,0 ,,	
Bei dem Kochen kam noch hinzu . . .	10,8 ,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht	78,2 ,,	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100 ,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . .	0,1313 ,,	
In 13,8 Grammen ruhendem Muskel waren danach enthalten	0,5252 ,,	
In 100 Grammen ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,8** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	14,08 Gramm.	
In 14,08 Grammen Muskel ist Wasser .	11,2 ,,	
Bei dem Kochen kam noch hinzu . .	8,75 ,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht	80,0 ,,	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100 ,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . .	0,1280 ,,	
In 14,08 Grammen tetanisirtem Muskel waren demnach enthalten	0,5120 ,,	
Auf 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,62** ,,	

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **3,8** %; der tetanisirte Muskel: **3,63** %. Es zeigt sich demnach bei dem tetanisirten Muskel eine Verminderung der Gesammtextractmenge um **0,17** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **4,6** % der Gesammtextractmenge.

Nr. III.

Beginn des Tetanus: 4^h —

Ende des Tetanus: $5^h\ 45'$.

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch	13,9	Gramm.	
In 13,9 Grammen Muskel sind Wasser	11,1	„	
Bei dem Kochen kamen hinzu	23,3	„	
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht	65,6	„	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100	„	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe	0,1288	„	
In 13,9 Grammen ruhendem Muskel sind demnach enthalten	0,5152	„	
In 100 Grammen ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,63**	„	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	14,07	Gramm.	
In 14,07 Grammen Muskel sind Wasser	11,3	„	
Bei dem Kochen kamen noch hinzu	13,3	„	
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht	75,4	„	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100	„	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen	0,1154	„	
In 14,07 Grammen tetanisirtem Muskel sind demnach enthalten	0,4616	„	
In 100 Gramm. tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,21**	„	

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **3,61** %; der tetanisirte: **3,21** %. Es zeigt sich also eine Verminderung der Gesammtextractivstoffe bei dem tetanisirten Muskel um **0,42** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **13,0** % der Gesammtextractmenge.

Nr. IV.

Beginn des Tetanus: 3^h 5′
Ende des Tetanus: 4^h 35′.

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch	13,9	Gramm	
13,9 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,1	,,	
Beim Kochen kamen noch hinzu . . .	18,1	,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht	70,8	,,	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100	,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingedampft, sie enthielten Extractivstoffe	0,1130	,,	
13,9 Gramm ruhender Muskel enthielt demnach	0,4520	,,	
In 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,25**	,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	14,85	Gramm	
14,85 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,8	,,	
Beim Kochen kamen hinzu	15,7	,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht	72,5	,,	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100	,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe	0,1095	,,	
14,85 Gramm tetanisirter Muskel enthielten also	0,4380	,,	
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,94**	,,	

Der ruhende Muskel enthielt **3,25** % Extractivstoffe; der tetanisirte: **2,94** %. Es ergiebt sich also eine Verminderung der Gesammtmenge der Extractivstoffe bei dem Tetanus um **0,31** % der feuchten Muskelsubstanz, und um **10,5** % der Gesammtextractmenge.

Nr. V.

Beginn des Tetanus: 8^{h} 30′

Ende des Tetanus: 10^{h} 11′.

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch	13,05	Gramm	
13,05 Gramm Muskel enthalten Wasser .	10,4	,,	
Beim Kochen kamen noch hinzu . . .	12,4	,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht	71,6	,,	
Die Emulsion enthielt also im Ganzen an Wasser	100	,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe	0,1110	,,	
13,05 Gramm ruhender Muskel enthalten also	0,4440	,,	
In 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,4**	,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	13,7	Gramm	
13,7 Gramm Muskel enthalten Wasser .	11,0	,,	
Beim Kochen kamen noch hinzu . . .	17,4	,,	
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht	71,6	,,	
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100	,,	=CC.
Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe	0,1138	,,	
13,7 Gramm tetanisirter Muskel enthalten also	0,4552	,,	
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**3,3**	,,	

Der ruhende Muskel enthielt **3,4** % Extractivstoffe; der tetanisirte **3,3** %. Es hat also während des Tetanus die Gesammtmenge der Extractivstoffe sich vermindert um **0,1** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **3,0** % der Gesammtextractmenge.

Zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit stelle ich die Resultate in folgender Tabelle zusammen, in die ich jedoch nur die procentischen Werthe aufnehme.

Tabelle II.

Vergleichende Bestimmung des Wasserextractes geruhter und tetanisirter Muskeln bei Ausschluss der Circulation.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes. 100 Gramm Muskel.	Gesammtmenge des Wasserextractes %.	Absolute Differenz der Extractmengen %.	Differenz auf Procente der Wasserextractmenge berechnet.
1.	geruht tetanisirt	3,72 3,44	0,28	8,1
2.	geruht tetanisirt	3,80 3,63	0,17	4,6
3.	geruht tetanisirt	3,61 3,21	0,42	13,0
4.	geruht tetanisirt	3,25 2,94	0,31	10,5
5.	geruht tetanisirt	3,4 3,3	0,1	3,0
Im Mittel	**geruht** **tetanisirt**	**3,55** **3,32**	**0,23**	**7,8**

Das Resultat der vorstehend zusammengestellten Versuche ist äusserst auffallend:

Bei dem Tetanus des Muskels findet ganz unabhängig von den Wirkungen der Diffusion eine Verminderung der Menge seiner Wasserextractivstoffe statt, und zwar im Mittel um **7,8** % der Extractmenge und **0,23** % der feuchten Muskelmasse. Es beweist dieses Resultat, dass die bei

Fortbestehen der Circulation bei tetanisirten Muskeln beobachtete Verminderung der Wasserextractivstoffe im Mittel um 0,4 % nur zum kleineren Theil auf einem Stoffaustausch zwischen Blut und Muskel durch Diffusion vermittelt beruhe und zum grösseren Theil ihren Grund in einer Veränderung der chemischen Zersetzungsvorgänge im Muskel besitze. Nach den mir zu Gebote stehenden Versuchsresultaten fallen auf diese letztere Ursache [1]) über die Hälfte der Gesammtverminderung der Wasserextractivstoffe.

Wir haben damit das von Helmholtz zuerst beobachtete Phänomen der Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus unabhängig von Vermittelung der Diffusion gleichfalls aufgefunden, und zwar haben wir bewiesen, dass dieser Vorgang der Verminderung nicht nur, wie dies die Angaben von Helmholtz noch vermuthen lassen, ein relativer — im Verhältniss zur Vermehrung der Alkoholextractmengen — sei, sondern dass die fraglichen Stoffe eine absolute Verminderung durch den Tetanus erleiden.

§ 5.

Alkoholextractbestimmungen.

Die im letzten § mitgetheilten Resultate sind äusserst wichtig, und zwingen uns, eine neue Reihe von Beobachtungen anzustellen.

Wir finden in dem lebenden Muskel nach dem Tetanus die Zersetzungsproducte ohne alle Frage vermehrt, wie dies nicht nur die Säurebestimmungen im Muskel direct, sondern auch meine oben mitgetheilten Quellungsversuche indirect zwingend ergeben. Trotzdem sind nach dem Absterben die Hauptzersetzungsproducte, als welche wir die Wasserextractivstoffe ansehen müssen, vermindert. Ich sage nach dem Absterben, da ja die Methode der Wasserextractbestimmung den Muskel nothwendig in den Zustand der Wärmestarre versetzt. Wir haben aus diesem Grunde bei den Wasserextractbestimmungen ein combinirtes Resultat vor uns, herbeigeführt erstens durch die Zersetzungsvorgänge während des Absterbens und zweitens durch die Stoffumänderungen in Folge des Tetanus.

Unsere im ersten Capitel mitgetheilten Versuche haben uns schon wahrscheinlich gemacht, dass die Gesammtgrösse der Stoffzersetzungen,

1) Siehe die eben mitgetheilten Mittelwerthe.

die der Muskel bis zur Todtenstarre zu erleiden vermag, wenn eine Stoffzufuhr durch das Blut ausgeschlossen wird, durch den Tetanus keine wesentliche Steigerung erfahre; dass beide Vorgänge aus einer und derselben Quelle schöpften; mit anderen Worten, dass im Muskel zu einer bestimmten Zeit nur eine bestimmte Menge zu physiologischen Zwecken — Tetanus und Todtenstarre — zersetzbares Stoffmaterial vorhanden sei. Wir sprachen die Ansicht aus, dass zwar momentan durch den Tetanus eine Steigerung der Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge im Muskel erzielt werden könne, es schien uns aber wahrscheinlich, dass dadurch die im Augenblicke zu physiologischen Zersetzungen disponirte Stoffmenge keine Vermehrung erleide.

Es ist klar, dass uns nach den eben in § 4. mitgetheilten Erfahrungen ein Weg sich öffnet, diese Ansicht experimentell zu prüfen. Ist die Annahme gerechtfertigt, so muss der beobachteten Verminderung des einen Theiles der Extractivstoffe eine correspondirende, gleichgrosse Vermehrung des anderen Theiles entsprechen. Was auf der einen Seite verloren geht, muss auf der anderen wieder gewonnen werden.

Die Resultate der Helmholtz'schen Beobachtungen, die eine der von ihm beobachteten relativen Verminderung der Wasserextractivstoffe correspondirende relative Vermehrung des Alkoholextractes nachgewiesen haben, enthalten schon eine Bestätigung unserer Anschauung. Doch scheint es mir nicht unnöthig, auch dieses relative Verhältniss, wie ich es bei der Wasserextractbestimmung konnte, auf absolute Werthe zurückzuführen.

Es wurde zu diesem Zwecke eine Reihe Versuche angestellt, die Alkoholextractivstoffe quantitativ zu bestimmen.

Die Methode des elektrischen Tetanisirens war absolut die gleiche, wie sie bisher schon mehrfach angewendet wurde.

Auch die Art der Herstellung der Extracte war der bisher angewendeten sehr ähnlich. Nur fiel das Kochen weg, da die Coagulation des Eiweisses durch den kalt angewendeten Alkohol selbst hervorgebracht wurde. Auch hier wurde nur ein Theil der von dem Muskel abfiltrirten Flüssigkeit, die 24 Stunden wenigstens mit demselben in Berührung war, getrocknet und ihr Rückstand gewogen. Das im Muskel enthaltene Wasser wurde als Vermehrung des Gesammtvolumens der Flüssigkeit in Rechnung gebracht. Verdunstung wurde

möglichst sorgfältig vermieden. Die so gewonnenen Flüssigkeiten waren ganz eiweissfrei.

Im Folgenden theile ich wie bisher die ganzen Versuchsprotocolle mit. —

Versuche.

Vergleichende Bestimmung der Gesammtalkoholextractmengen im geruhten und tetanisirten Muskel bei Ausschluss der Circulation.

Nr. I.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: 8^h 30′

Ende des Tetanus: 10^h 15′.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	19,13 Gramm	
19,13 Gramm Muskel enthalten Wasser .	15,3 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	94,7 CC.	
Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug demnach	110 ,,	
Davon wurden getrocknet	50 ,,	
50 CC. enthielten an Extract	0,1955 Gramm	
19,13 Gramm ruhender Muskel enthalten also Alkoholextractivstoffe	0,4301 ,,	
Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,24** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	19,50 Gramm	
19,5 Gramm Muskel enthalten Wasser .	15,6 ,,	= CC.
An Alkohol wurde zugesetzt	94,3 CC.	
Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug demnach	110 ,,	
Davon wurden getrocknet	50 ,,	
50 CC. enthielten an Extract	0,2280 Gramm	
19,5 Gramm Muskel enthielten also . .	0,5016 ,,	
Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,57** ,,	

Der ruhende Muskel enthielt: **2,24** % an Alkoholextractivstoffen; der tetanisirte **2,57** %. Es hat demnach durch den Tetanus eine Vermehrung der Alkoholextractivstoffe um **0,33** % der feuchten Muskelmasse stattgefunden und um **14,7** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. II.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: 9^h 45′
Ende des Tetanus: 10^h 50′.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	23,0 Gramm	
23,0 Gramm Muskel enthalten Wasser .	18,4 ,,	= CC.
An Alkohol wurde zugesetzt	81,6 CC.	
Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug . .	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1220 Gramm	
23 Gramm Muskel enthielten also . . .	0,4880 ,,	
Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,12** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	23,75 Gramm	
23,75 Gramm Muskel enthalten Wasser .	19,0 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	81,0 CC.	
Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug . .	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1400 Gramm	
23,75 Gramm Muskel enthielten also . .	0,5600 ,,	
Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,35** ,,	

Der ruhende Muskel enthielt: **2,12** %, der tetanisirte: **2,35** % Alkoholextractivstoffe. Diese haben also durch den Tetanus zugenommen um **0,23** % der feuchten Muskelmasse und um **10,8** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. III.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: 7 h 45′
Ende des Tetanus: 10 h —′.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	21,7 Gramm	
21,7 Gramm Muskel enthalten Wasser .	17,4 ,,	= CC.
An Alkohol wurde zugesetzt	82,6 CC.	
Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug dadurch	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1212 Gramm	
21,7 Gramm Fleisch also	0,4848 ,,	
Für 100 Gramm ruhenden Fleisches berechnen sich Extractivstoffe	**2,23** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	22,65 Gramm	
22,65 Gramm Fleisch enthalten Wasser .	18,1 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	81,9 CC.	
Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug danach	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1380 Gramm	
22,65 Gramm Fleisch demnach	0,5520 ,,	
Für 100 Gramm tetanisirten Fleisches berechnen sich Extractivstoffe	**2,46** ,,	

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **2,23** %; der tetanisirte: **2,46** %. Es ergiebt sich demnach durch den Tetanus eine Zunahme der Gesammtmenge der Alkoholextractivstoffe um **0,23** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet, und um **10,3** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. IV.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: 8 h 30′
Ende des Tetanus: 9 h 30′.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	19,15 Gramm	
19,15 Gramm Muskel enthalten Wasser .	15,3 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	84,7 CC.	
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1188 Gramm	
19,15 Gramm Muskel demnach	0,4752 ,,	
Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,48** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	19,05 Gramm	
19,05 Gramm Fleisch enthalten Wasser .	15,2 ,,	= CC.
An Alkohol wurde zugesetzt	84,8 CC.	
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	100 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1265 Gramm	
19,05 Gramm Muskel also	0,5060 ,,	
Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**2,66** ,,	

Der ruhende Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **2,48** %; der tetanisirte: **2,66**. Durch den Tetanus hat also eine Zunahme der Alkoholextractmenge um **0,18** % der feuchten Muskelstoffe und um **11,3** % der Gesammtalkoholextractmenge stattgefunden.

Nr. V.

8 Frösche.

Beginn des Tetanus: $4^h\ 0'$

Ende des Tetanus: $5^h\ 0'$.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	36,45 Gramm	
36,45 Gramm Muskel enthalten Wasser .	29,1 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	90,9 CC.	
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	120 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1660 Gramm.	

36,45 Gramm Fleisch demnach	0,7970 Gramm.	
Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnet sich die Extractmenge	**2,19** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	36,1 Gramm.	
36,1 Gramm Muskel enthalten Wasser .	28,9 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	91,1 CC.	
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	120 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1748 Gramm.	
36,1 Gramm Muskel also	0,9190 ,,	
Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich an Extractivstoffen	**2,54** ,,	

Der geruhte Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **2,19** %; der tetanisirte: **2,54** %. Es zeigt sich also eine Zunahme dieser Stoffe um **0,35** % der feuchten Muskelsubstanz und **16** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. VI.

8 Frösche.

Beginn des Tetanus: 8 h 45′

Ende des Tetanus: 10 h 0′.

1. Ruhender Muskel.

Muskelgewicht	34,45 Gramm.	
34,45 Gramm Muskel enthalten Wasser .	27,6 ,,	= CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	97,4 CC.	
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	125 ,,	
Davon wurden getrocknet	25 ,,	
25 CC. enthielten Extract	0,1170 Gramm.	
34,45 Gramm Muskel also	0,5767 ,,	
Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**1,67** ,,	

2. Tetanisirter Muskel.

Muskelgewicht	35,15 Gramm.
35,15 Gramm Muskel enthalten Wasser .	28,1 ,, = CC.
An Alkohol wurden zugesetzt	96,9 CC.
Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge .	125 ,,
Davon wurden getrocknet	25 ,,
25 CC. enthielten Extract	0,1350 Gramm.
35,15 Gramm Muskel also	0,6748 ,,
Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe	**1,92** ,,

Der geruhte Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **1,67** %; der tetanisirte: **1,92** %. Die Zunahme der fraglichen Stoffe durch den Tetanus beträgt demnach **0,25** % auf feuchte Muskelmasse gerechnet, und **15** % auf die Gesammtalkoholextractmenge.

Zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit stelle ich die erhaltenen procentischen Werthe tabellarisch zusammen.

Tabelle III.

Vergleichende Bestimmung des Alkoholextractes geruhter und tetanisirter Muskeln bei Ausschluss der Circulation.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes. 100 Grammen Muskel.	Gesammtmenge des Alkohol-extractes.	Absolute Differenz der Extractmengen %.	Differenz berechnet auf Procente der Alkohol-extractmengen.
1.	geruht tetanisirt	2,24 2,57	0,33	14,7
2.	geruht tetanisirt	2,12 2,35	0,23	10,8
3.	geruht tetanisirt	2,23 2,46	0,23	10,3
4.	geruht tetanisirt	2,48 2,66	0,18	11,3
5.	geruht tetanisirt	2,19 2,54	0,35	16,0
6.	geruht tetanisirt	1,67 1,92	0,25	15,0
Im Mittel	**geruht** **tetanisirt**	**2,15** **2,41**	**0,26**	**12,1**

Die eben mitgetheilten Resultate der angestellten Alkoholextractbestimmungen scheinen mir das von uns gesuchte, von Helmholtz schon nachgewiesene Phänomen der Vermehrung des Alkoholextractes in seinem relativen Verhältnisse zu dem Wasserextracte sehr deutlich zu zeigen. Mit Berücksichtigung der Mittelzahlen aus Tabelle II. und III. ergiebt sich das Verhältniss des Alkoholextractes, diesen = 1 gesetzt, zu dem Wasserextract

für den geruhten Muskel = 1 : 1,65
für den tetanisirten Muskel = 1 : 1,37.

Das relative Mengenverhältniss ist deutlich zu Gunsten des Alkoholextractes gesunken.

Zu dieser Beobachtung kann noch weiter hinzugefügt werden, dass die absolute Menge des Alkoholextractes durch den Tetanus nicht unbedeutend zugenommen habe. Diese Vermehrung hält sich mit ihrem absoluten Werthe sichtlich in denselben Grenzen wie die Verminderung des Wasserextractes, sodass auch die Mittelwerthe für Verminderung: 0,23 %, für Vermehrung: 0,26 % recht gut übereinstimmen.

Wir können das Resultat dieser letzten Versuche kurz in der Art formuliren:

Der Tetanus ist im Muskel mit einer Vermehrung der Alkoholextractivstoffe verbunden. Diese Vermehrung ist dem Gewichte nach der bei dem Tetanus im Muskel stattfindenden Verminderung der Wasserextractivstoffe gleich. (Helmholtz und ich.)

Dieser Satz ist für uns von grösster Wichtigkeit, da er unsere bisher ausgesprochene Meinung definitiv bestätigt, dass im Muskel in einer bestimmten Zeit nur eine bestimmte Menge zu physiologischen Zwecken zersetzbaren Stoffes sich befinde. Die beobachtete Erhöhung der Zersetzungsvorgänge im Muskel bei dem Tetanus bezieht sich nur auf die Zeit: es kann zwar in einer bestimmten Zeit — durch den Tetanus — mehr von der gerade verfügbaren Stoffmenge im Muskel zersetzt werden als in einer anderen — während der Ruhe; — der zur Zersetzung disponirten im Muskel aufgespeicherten Stoffmenge fügt der Tetanus aber als solcher Nichts hinzu.

§ 6.

Resultate.

Fassen wir die Ergebnisse, die wir in den im vorliegenden Capitel niedergelegten Untersuchungen gewonnen haben, noch kurz zusammen.

1. Nach dem bei Fortbestand der Circulation eingeleiteten Tetanus des Muskels zeigt sich eine Verminderung seiner Wasserextractivstoffe.

2. Diese Verminderung der Wasserextractivstoffe beruht nur zum kleineren Theile auf Wirkung der Diffusion zwischen Blut und Muskelsaft;

3. zum grösseren Theile beruht sie auf einer Veränderung der chemischen Zersetzungsvorgänge im Muskel, da

4. auch bei Ausschluss der Circulationseinflüsse sich die Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus in ziemlich bedeutender Stärke zeigt.

5. Der Verminderung der Wasserextractivstoffe bei dem Tetanus mit Ausschluss der Circulationswirkung entspricht eine gleichgrosse Vermehrung der Alkoholextractivstoffe. (Helmholtz und ich.)

6. Es beweist dies letzte Ergebniss, dass durch den Tetanus die Menge des gleichzeitig im Muskel vorhandenen, physiologisch zersetzbaren Stoffes zwar in seiner Zersetzung beschleunigt, und ihm in Bezug auf den chemischen Vorgang der Zersetzung eine veränderte Richtung ertheilt, aber nicht vermehrt werden könne.

7. Bei Vergleichung der Wasserextractmengen verschiedener Muskeln desselben Thieres ergiebt sich, dass diejenigen Muskeln, welchen in der Zeiteinheit eine grössere Arbeitsleistung zugemuthet wird als anderen, — es wurden Schenkel- und Rückenmuskeln vom Kaninchen verglichen — auch eine geringere Menge von Extractivstoffen besitzen, analog den bei der Wasserbestimmung gefundenen Verhältnissen.

Fünftes Capitel.

Die Mengenverhältnisse der Fleischmilchsäure im Muskel.

---

§ 1.

Fortsetzung des Versuchsplanes.

Die im letzten Capitel mitgetheilten Resultate der Extraetivstoffbestimmung im Allgemeinen haben unsere Anschauungen über die im Muskel zu erwartenden Veränderungen in den Mengenverhältnissen seiner einzelnen Zersetzungsproducte durch den Tetanus wesentlich geläutert.

Während wir bisher, da uns als einziger Veränderungsgrund der Mengenverhältnisse der leicht diffundirenden Muskelstoffe die zwischen Blut und Lymphe und Muskelflüssigkeit stattfindenden Diffusions-Vorgänge bekannt waren, um eine Verminderung der im Muskel bis zur Todtenstarre sich bildenden Zersetzungsproducte nach dem bei Fortbestand der Circulation stattgehabten Tetanus erwarten durften, lehrt uns die Erkenntniss der qualitativen Veränderung der chemischen Vorgänge im Muskel bei dem Tetanus die Möglichkeit, dass neben der Verminderung, die im Allgemeinen sich findet, eine absolute Vermehrung einzelner Muskelstoffe durch den Tetanus herbeigeführt werden könne. Wir dürfen ebenso gut eine Vermehrung als eine Verminderung erwarten, wenn wir nun unsere Untersuchung auf die einzelnen der im vorstehenden Capitel in ihrer Gesammtheit bestimmten Stoffe ausdehnen werden.

Im Folgenden werden die Resultate der vergleichenden Bestimmungen folgender Stoffe im todtenstarren Muskel mitgetheilt werden:

1. Bestimmung der Säuremenge.
2. Bestimmung der vom Muskel bis zur Höhe der Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge.
3. Bestimmung des Zuckergehaltes.
4. Bestimmung des Fettgehaltes.
5. Bestimmung der Eiweissmenge.

Auf die Bestimmung des Kreatins und Kreatinins habe ich meine Untersuchungen nicht ausgedehnt, da die Angaben Liebig's über Vermehrung durch Bewegung so glänzende Bestätigung durch die unter Kühne's Leitung von Sarokin angestellte Untersuchung gefunden haben [1].

Wir sprechen nach dieser Bestätigung die von Liebig zuerst gefundene Veränderung in dem Gehalte an Kreatin im Muskel durch active Bewegung als eine feststehende Thatsache an. Es giebt uns diese Beobachtung zugleich den ersten Beweis dafür, dass eine Vermehrung einzelner Stoffe im Tetanus des Muskels neben einer allgemeinen Verminderung der Muskelsubstanz eintreten könne. Die folgenden Capitel der vorliegenden Untersuchung werden noch einige derartige Beispiele von einseitiger Vermehrung unter den gleichen Umständen wie dort bringen.

§ 2.

Bestimmung der Säure und Beweis, dass jeder Muskel — Ersatz und Verlust durch Circulation ausgeschlossen — ein Säurebildungs-Maximum besitze.

Die mit Hülfe der Methode der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes und der Methode der Bestimmung der Imbibitionsgrösse am Muskel bisher gewonnenen Resultate haben uns zu der Ansicht geführt, dass — da sich ja die dort gewonnenen Resultate vor Allem auf die Säure des Fleisches beziehen — die bis zur Todtenstarre vom Muskel producirte Säuremenge keine willkürlich durch äussere Einflüsse zu verändernde Grösse wäre, sondern dass jeder Muskel abgesehen von den Einflüssen der Circulation nur im Stande sei, eine bestimmte, unveränderliche Säuremenge zu produciren, dass er ein Säurebildungsmaximum besässe.

Wir haben einige nicht unwichtige theoretische Betrachtungen schon an den oben angegebenen Orten an diese Vermuthung angeknüpft. Es liegt uns ob experimental diese Ansicht zu prüfen und dadurch unsere auf sie gegründeten Meinungen zu bestätigen. Wir müssen aus diesem Grunde zuerst die eben angeregte Frage beantworten, ehe wir an eine Vergleichung der Säurebildung des Muskels

---

1 Sarokin, Beitrag zur Physiologie des Muskelstoffwechsels. Virch. Arch. XXVIII. 514—552.

vor und nach dem Tetanus herantreten. Letztere Untersuchung könnte sogar kaum mit Hoffnung auf Erfolg unternommen werden, wenn nicht die Voruntersuchung ein unseren Erwartungen entsprechendes Resultat ergeben würde. Wir können ja nur dann eine Vermehrung oder Verminderung eines Muskelstoffes, der bei dem Absterben des Muskels sich bildet, durch active Bewegung erwarten, wenn seine bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildende Menge eine festbestimmte ist.

E. du Bois-Reymond hat die Einwirkung der Thätigkeit des Muskels auf seinen Säuregehalt entschieden nachgewiesen. Er hat unzweifelhaft gezeigt, dass der lebende geruhte Muskel neutral, der lebende tetanisirte Muskel hingegen sauer reagire, es unterliegt danach keinem Widerspruch mehr, dass bei der Action Säure im Muskel wie bei der Todtenstarre entstehe.

Bei Fortbestand der Circulation kann, wenn der Muskel ein Säurebildungs-Maximum besitzt, der Tetanus nur mit einer Verminderung dieses Maximums verknüpft sein.

Wenden wir uns nach diesen Auseinandersetzungen der Lage sogleich zur Untersuchung selbst.

Wir fragen uns also: ist der Muskel im Stande unter dem Einfluss verschiedener äusserer Bedingungen, die auf sein Absterben einwirken, bis zur Höhe der Todtenstarre eine verschieden grosse Säuremenge zu bilden oder besitzt er — abgesehen von Ersatz und Verlust durch die ihn umgebenden Flüssigkeiten ein Säurebildungs-Maximum.

Zwei Möglichkeiten stehen uns zu Gebote, an diese Frage mit dem Experimente heranzutreten:

1) Können wir den Versuch machen, zu entscheiden, ob gewisse uns mögliche Einwirkungen auf das Eintreten der Todtenstarre von Einfluss auf die Mengenverhältnisse der sich bildenden Säure seien, nachdem der Muskel den Einflüssen der Circulation entzogen wurde.

2) Können wir uns fragen, ob die Curve der Säurebildung im Muskel bei der Säurebildung auf die Zeit bezogen ein festbestimmbares Maximum besitze.

Als verschiedene Einflüsse, welche bei der Todtenstarre auf ihre etwaige Betheiligung an den Mengenverhältnissen der gebildeten Säure untersucht werden sollten, wurden die Zeitstarre — der Eintritt der Todtenstarre durch Liegen des Muskels in einem feuchten Raume bei

Zimmertemperatur — und die Wärmestarre als die beiden am einfachsten und leichtesten herbeizuführenden Todesarten gewählt.

Die Zeitstarre wurde wie gesagt durch Liegen des Muskels im feuchten Raum erzeugt; die Wärmestarre durch 20 Minuten andauerndes Erhitzen auf + 45° C. ebenfalls im feuchten Raum.

Die Methode der Säurebestimmung war folgende:

Die blutfreien, gewogenen Muskeln, welche auf ihre Säuremengen geprüft werden sollten, wurden, nachdem sie todtenstarr gemacht worden waren, in einem Porzellanmörser zerrieben und zwar unter Zusatz einer gemessenen Menge von feinem Quarzsand. Der hiezu angewendete Sand muss vorher sorgfältig von allen anhaftenden löslichen Bestandtheilen, besonders Kalk, durch Kochen mit Salzsäure und nachherigem sehr sorgfältigem Auswaschen mit destillirtem Wasser befreit und dadurch vollkommen neutral gemacht werden. Glaspulver kann nicht seine Stelle vertreten, da dieses besonders bei Reiben, wie es bei der hier zu beschreibenden Methode stets in Anwendung kommt, sich mit alkalischer Reaction in Wasser löst. Diese alkalische Reaction ist so stark, dass die ganze Säuremenge des Muskels vollkommen dadurch neutralisirt und die Flüssigkeit alkalisch wird.

Mit Hülfe dieses Sandes gelingt es leicht den Muskel zu einem fast homogenen Brei zu zerreiben — besonders gut den Froschmuskel, der bei der Starre sehr spröde wird — und diesen Brei in Wasser zu einer gleichmässigen Emulsion zu vertheilen. Wurden zwei Muskeln auf ihren Säuregehalt vergleichend untersucht, so wurde zu der Emulsion eine gemessene gleiche Wassermenge in beiden Versuchen angewendet. Die Säuremenge wurde durch einen Zusatz von höchst verdünnter Natronlauge zu der Emulsion selbst, die einige Stunden ruhig gestanden hatte, titrirt.

Die Emulsion wurde je mit der gleichen sehr geringen Menge Lackmustinctur versetzt und damit roth gefärbt. Der Uebergang in Blau, welcher als Grenzpunct des Titrirverfahrens angewendet ward, wurde gleichzeitig noch durch tropfenweis aus der Flüssigkeit herausgenommene Proben, die auf sehr empfindlichem Curcumapapier auf ihre Reaction geprüft worden waren, nach dem Vorgange von Pettenkofer controlirt. Dadurch wurde die Bestimmungsmethode, trotz der geringen Mengen der im Fleische enthaltenen Säure, doch so weit

genau, dass vergleichende Bestimmungen mit ihr ein Resultat versprechen konnten.

Die Natronlauge, welche angewendet wurde, war sehr verdünnt. 810 CC. Natronlauge entsprechen 0,927 Grm. Schwefelsäure, also 1 CC. Natronlauge = 0,0011 Schwefelsäure.

Ich stelle die mit dieser Methode gewonnenen Resultate sogleich tabellarisch zusammen.

Tabelle I.

Säurebildung in den Muskeln des gleichen Thieres durch Zeitstarre und Wärmestarre verglichen.

Versuchs-Nummer.	Versuchsthier.	Muskel sein Zustand.	Muskel sein Gewicht Gramm.	Verbrauchte Natronlauge bis zur Neutralisation in CC.	Säuremenge auf Schwefelsäure berechnet. %
1.	Kaninchen	zeitstarr 48h	24,59	45,0	0,202
		wärmestarr	23,57	46,4	0,216
2.	Kaninchen	zeitstarr 35h	13,16	32,0	0,267
	,,	,,	8,69	20,0	0,254
	,,	,,	9,50	23,0	0,266
	,,	wärmestarr	11,26	27,0	0,264
	,,	,,	9,05	22,5	0,273
3.	Katze	zeitstarr 18h	9,85	25,0	0,279
	,,	,,	10,54	25,2	0,263
	,,	zeitstarr 40h	13,71	28,0	0,268
	,,	,,	9,86	24,4	0,272
	,,	wärmestarr	7,77	19,6	0,277
	,,	,,	8,81	21,4	0,267
	,,	,,	9,46	24,0	0,279

Die gewonnenen, in der Tabelle zusammengestellten Werthe stimmen gut. Die Abweichungen stellen sich erst in der dritten Decimale in der Mehrzahl der Fälle heraus. Unsere Erwartung, dass der Muskel nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum besitzt, hat sich deutlich herausgestellt.

Noch erübrigte es, die zweite Unterfrage zu beantworten; besitzt die Curve der Säurebildung bei der Todtenstarre auf die Zeit bezogen im Muskel ein Maximum?

Es wurde hiebei nach verschiedenen Zeitabschnitten seit Eintritt

des Todes die Säuremenge im Muskel untersucht. Zum Vergleich wurde eine Anzahl Muskelstücke auch wärmestarr gemacht.

Auch die Säurebildung der verschiedenen Muskeln desselben Organismus wurde gleichzeitig in dem folgenden Versuch geprüft.

Tabelle II.

Die Säurebildung im Muskel bezogen auf die Zeit.

Versuchs-Nummer.	Versuchsthier und Muskel.	Muskel sein Zustand.	Muskel sein Gewicht. in Gramm.	Verbrauchte Natronlauge in CC.	Säuremenge als Schwefelsäure gerechnet. %
1.	Kaninchen Rückenmuskel.	wärmestarr	11,57	20,4	0,193
2.	,,	,,	11,26	20,0	0,195
3.	,,	,,	12,01	22,0	0,201
4.	Oberschenkelmuskel.	,,	14,92	25,6	0,188
5.	,,	,,	14,33	25,6	0,196
6.	Rückenmuskel.	zeitstarr nach 25 h	13,77	18,8	0,150
7.	,,	,,	15,1	20,0	0,145
8.	,,	nach 40 h	9,97	17,6	0,196
9.	,,	,,	6,40	12,0	0,206
10.	,,	,,	11,30	20,0	0,194
11.	,,	nach 50 h	10,91	16,0	0,161
12.	,,	nach 65 h	13,23	14,4	0,119
13.	,,	nach 74 h stank der Muskel und war alkalisch.			

Die Curve der Säurebildung im Muskel auf die Zeit bezogen besitzt demnach ein Maximum, zu welchem sie langsam von 0 ansteigt, und von welchem sie etwas schneller wieder zu 0 abfällt, um sodann unter die Abscissenaxe zu fallen.

Auch in diesem Versuche wurde gleichzeitig weiter nachgewiesen, dass das Säuremaximum durch Wärmestarre im Muskel gebildet gleich ist dem bei der Zeitstarre sich bildenden. Der gleiche Erfolg, der in der Zeitstarre erst in 40 h erreicht wird, wird in der Wärmestarre schon nach 20 Minuten vollendet.

Ein Unterschied in den Säuremengen der verschiedenen Muskeln des gleichen Organismus stellt sich nicht deutlich heraus, doch ergab die Untersuchung der Schenkelmuskeln die kleinste in der ganzen Untersuchungsreihe vorkommende Säuremenge, sodass demnach auch hier im

Zusammenhalt mit den in Beziehung auf Gehalt an festen Stoffen und Extracten gewonnenen Resultaten es sich herauszustellen scheint, dass während des Lebens ungleich angestrengte Muskeln verschiedene Säuremengen, und zwar die mehrangestrengten Muskeln weniger Säure zu liefern im Stande sind.

Die Säuremenge in den Muskeln der verschiedenen Kaninchen zeigt wenig Schwankungen. Der Katzenmuskel — cf. Tabelle I dieses Capitels — ist etwas säurereicher als der Kaninchenmuskel. Zwei Säurebestimmungen im Schweinemuskel ergaben einen noch geringeren Säuregehalt als der Kaninchenmuskel:

9,26 Grm. sättigten 16,6 CC. Natronlauge = 0,197 Grm. Schwefelsäure,
9,38 ,, ,, 16,4 ,, ,, = 0,192 ,, ,,

Es zeigt sich demnach auch bei den Säuremengen die Abhängigkeit der Gesammtmenge in den verschiedenen Thierspecies von der Grösse der in der Zeiteinheit geforderten Arbeitsleistung. Die Mengen verhalten sich folgendermaassen im Durchschnitte:

Schwein	0,192 % Säure	= 100.
Kaninchen	0,225 % ,,	= 112.
Katze	0,272 % ,,	= 141.

Die Zahlen sprechen für sich selbst genügend.

In Betreff der Zeitstarre geht noch ein nicht unwichtiger Schluss aus den mitgetheilten Zahlen hervor:

Die Säurebildung im todtenstarr werdenden Muskel ist eine Function der Zeit: in gleichen Zeiten (und unter sonst gleichen Bedingungen) bilden die gleichnamigen Muskeln desselben Thieres gleiche Mengen Säure.

Für diesen Satz sprechen ausser den in der letzten Tabelle mitgetheilten Zahlen auch noch eine grosse Anzahl anderer Versuche, die von mir angestellt wurden.

So zum Beispiel zeigten Muskeln von Kaninchen, deren Säuremaximum 0,263 Grm. Schwefelsäure entsprach, nach 19^h Zeitstarre:

1) 0,153 % Säure
2) 0,158 % ,,
3) 0,152 % ,,

Bei Fröschen zeigt sich das Säuremaximum bei verschiedenen Individuen auffallend verschieden, bei weitem mehr verschieden, als es sich bei Säugethieren — Kaninchen — gezeigt hat. Es interessirt viel-

leicht, wenn ich hier eine Reihe von Säurebestimmungen, alle im wärmestarren Froschmuskel angestellt, mittheile.

Säuremengen in verschiedenen Froschmuskeln:

1) 0,090 % Säure
2) 0,094 % ,,
3) 0,103 % ,,
4) 0,126 % ,,
5) 0,126 % ,,
6) 0,135 % ,,
7) 0,136 % ,,
8) 0,150 % ,,
9) 0,164 % ,,
10) 0,172 % ,,
11) 0,172 % ,,
12) 0,219 % ,,

Im Mittel = **0,141** %.

Die Minimalmenge beträgt: 0,090 %.
Die Maximalmenge beträgt: 0,219 %.

Setzt man die Maximalmenge = 100, so ist die Minimalmenge = 41, demnach bedeutend weniger als die Hälfte der ersteren.

Wir haben somit im Vorstehenden die Säuremenge im Muskel ebenfalls deutlich genug in all den Beziehungen stehend gefunden, in denen wir die bisher untersuchten Muskelstoffe erkannt haben.

§ 3.

Vergleichende Bestimmung der bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildenden Säuremengen im geruhten und tetanisirten Muskel.

Zu diesen Bestimmungen konnten keine andern Thiere als Frösche in Anwendung gebracht werden. Es wurden auch in diesen Versuchen den benutzten Fröschen je ein Hinterschenkel unter den schon besprochenen Cautelen abgebunden, und sodann die Frösche mit Strychnin vergiftet.

Folgende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchung.

Tabelle III.

Vergleichende Säurebestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuchs-Nummer.	Versuchsobject und sein Zustand.	Gewicht des Muskels in Gramm.	Verbrauch an Natronlauge bis zur Neutralisation in CC.	Berechnete Schwefelsäure-mengen in Procenten.
	Hinterschenkel des Frosches, wärmestarr			
1.	ruhend	4,30	3,7	0,095
	tetanisirt	4,10	2,5	0,067
2.	ruhend	4,90	3,7	0,083
	tetanisirt	5,60	3,4	0,067
3.	ruhend	4,80	4,0	0,092
	tetanisirt	5,20	3,4	0,072
4.	ruhend	5,39	4,0	0,081
	tetanisirt	6,00	2,2	0,040
5.	ruhend	5,87	7,4	0,139
	tetanisirt	6,78	4,97	0,085
6.	ruhend	5,53	3,6	0,071
	tetanisirt	6,38	2,3	0,040

Die absoluten Säuregrössen sind in fast allen hier zusammengestellten Bestimmungen sehr klein, doch ist die Abnahme nach dem Tetanus eine sehr deutliche.

Im Mittel stellen sich für die Säuremengen der hier untersuchten Muskeln folgende Werthe heraus:

ruhend **0,094** % Säure
tetanisirt **0,065** % ,,
Differenz **0,029** % ,,

Setzt man die Säuremenge des geruhten Muskels = 100, so beträgt die des tetanisirten = 69.

Der Tetanus des Muskels ist mit einer Verminderung seines Säurebildungsmaximum verbunden.

Es wird durch den Tetanus säurebildender Stoff verbraucht.

§ 4.

Resultate.

1. Der Muskel besitzt nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum.

2. Leistungsfähige Muskeln besitzen ein grösseres Säurebildungsmaximum als weniger leistungsfähige.

3. Durch den Tetanus des lebenden Thieres wird das Säuremaximum des Muskels geringer. Der tetanisirte Muskel erzeugt weniger Säure als der geruhte. Der Tetanus des Muskels verbraucht säurebildenden Stoff.

Sechstes Capitel.

Vergleichende Bestimmung der durch die Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge im ruhenden und tetanisirten Muskel.

§ 1.

Methode.

Die übereinstimmend von allen Forschern, die sich mit dieser Frage beschäftigten, nachgewiesene Thatsache, dass der Muskel während des Tetanus mehr Kohlensäure in der Zeiteinheit producirt als der ruhende, muss als ein unbestrittenes Besitzthum der Physiologie anerkannt werden.

Unsere Erfahrung bei der Säureproduction, dass der Muskel, der dem Kreislauf entzogen ist, nur eine bestimmte unveränderliche Menge Säure zu bilden vermag, dass sich bei dem lebenden Thier eine Verminderung des Säuremaximums im Muskel nach Tetanus, der säureproducirend wirkt, erkennen lässt; musste auf den Gedanken führen, ob sich nicht ein ähnliches Verhältniss für die von dem Muskel producirte Kohlensäure würde nachweisen lassen.

Die Erfahrung Valentin's, dass auch nach dem Höhepunct der Todtenstarre des Muskels dieser nicht aufhört, Kohlensäure zu produciren, sprach zwar schon von vorneherein gegen eine solche Annahme. Doch war die Frage wichtig genug, um sie einer erneuten Experimentalprüfung zu unterwerfen.

Dieselbe ergab, wie zu erwarten war, ein negatives Resultat. Der Muskel besitzt kein Kohlensäurebildungsmaximum, auch nach erreichter Höhe der Todtenstarre fährt er noch fort, wenn auch in verringertem Maasse, Kohlensäure zu entwickeln.

Es liess sich demnach die Frage, deren Beantwortung wir anstreben, über die Menge Kohlensäure, welche ein Muskel nach Entfernung aus dem Kreislauf zu produciren vermag, nicht so einfach der Lösung entgegenführen, wie dies für die Säureproduction möglich war. Doch bot sich sogleich eine andere Methode als wahrscheinlich benutzbar dar.

Wir sind bei der Säureproduction auf die Erscheinung aufmerksam geworden, dass in gleichen Zeiten unter gleichen Umständen der gleiche Muskel gleiche Mengen von Säure entwickele, dass alle übrigen Momente gleich gesetzt, die Säureproduction demnach eine Function der Zeit sei. Bestätigt sich dieser Satz auch für die Kohlensäureproduction des Muskels, so sind wir damit in den Stand gesetzt, trotz des Mangels eines Kohlensäurebildungsmaximum doch aus den unter gleichen Umständen in gleichen Zeiten producirten Kohlensäuremengen einen Schluss auf die ganze von dem Muskel physiologisch producirbare Kohlensäuremenge zu machen.

Das Resultat der Versuche formulirt sich unter solchen Verhältnissen freilich etwas anders als das der bisherigen Untersuchungen. Die Antwort, die wir erhalten können, kann nur die sein:

Bis zum Eintritt der Höhe der Todtenstarre producirt dieser Muskel eine solche Kohlensäuremenge, ein anderer vielleicht eine andere. Doch ist auch dieses Resultat, wenn wir constante Ergebnisse erhalten, nicht unwichtig für die Chemie des Muskeltetanus.

Wir sehen die Muskelaction mit Kohlensäureproduction verbunden, ebenso das Todtenstarrwerden des Muskels, dann aber auch die weiteren der Todtenstarre auf den Fuss folgenden Zersetzungen — Fäulniss — der Muskelsubstanz. Sicher ist der Vorgang nach Eintritt

der Todtenstarre ein ganz verschiedener von demjenigen, welcher während derselben stattfindet.

Während die Kohlensäureproduction während des Starrwerdens des Muskels offenbar analog ist, wie wir das bei der Säureproduction schon erkannt haben, dem Vorgange der Kohlensäureabgabe des Muskels im Leben und während seiner Thätigkeit, hat die Kohlensäureausscheidung nach Eintritt der Todtenstarre, nach völligem Erlöschen der Lebenseigenschaften des Muskels sicher nichts Physiologisches mehr an sich. Unsere Aufgabe muss es daher sein, soweit möglich, die physiologische Kohlensäureproduction von der, man könnte sagen: anorganischen Kohlensäureabgabe bei der Fäulniss zu trennen.

Dies kann nur dadurch geschehen, dass wir die Todtenstarre in einer so kurzen Zeit und unter solchen Umständen ihr Maximum erreichen lassen, dass der unmittelbar auf sie folgende Zustand der weiteren nichtphysiologischen Zersetzung der Muskelstoffe nur in sehr geringem Grade sich geltend zu machen im Stande ist Eine solche Möglichkeit bietet uns die Wärmestarre dar. Dieselbe giebt uns die Möglichkeit, alle physiologischen Zwecken im Muskel dienende Kohlensäure in so kurzer Zeit zu entwickeln, dass der Muskel nach dieser Abgabe in der Zeiteinheit nur noch sehr wenig weitere Kohlensäure aushaucht.

Abgesehen von diesem Untersuchungskunstgriff, der es gestattet, wenigstens annähernd nur die physiologischen Zwecken im Muskelhaushalte dienende Kohlensäure zu erhalten, gestattet auch schon die Mengenbestimmung der Ausscheidung unter gleichen Umständen und in gleichen Zeiten einen sicheren Schluss auf die Menge der im Muskel vorhandenen kohlensäureproducirenden Substanz.

Mit Erinnerung an die im zweiten Capitel bei der Besprechung des Einflusses des verschiedenen Wassergehaltes des Muskels auf seine Zersetzungsgrösse dargelegten Bedingungen ist es von vorneherein klar, dass in gleichen Zeiten die Zersetzung der Stoffe z. B. im Muskel um so grössere Dimensionen annehmen müsse, je mehr Massentheilchen, die einer Zersetzung fähig sind, sich auf gleichem Raum den zersetzenden Einflüssen darbieten, vorausgesetzt dass letztere Einflüsse stark genug sind, ein relativ unbegrenzt grosses Maass von Zersetzung einzuleiten.

Schwankungen in der Zersetzungsgrösse während gleichen Zeiten und sonst vollkommen gleichen anderweitigen Bedingungen, kann demnach nur auf eine Schwankung an Masse des zersetzbaren Stoffes bezogen werden.

Nach diesen Auseinandersetzungen ist es möglich, an die Untersuchung selbst zu gehen. Es wird uns zuerst obliegen nachzuweisen, dass wirklich der gleiche Muskel unter gleichbleibenden sonstigen Verhältnissen in gleichen Zeiten gleiche Mengen Kohlensäure producirt.

Besprechen wir zuerst die zu den folgenden Versuchen benutzte Methode der Kohlensäurebestimmung.

Der Apparat, welcher dazu benutzt wurde, war sehr einfach. Er bestand aus drei Glaskölbchen, von denen das mittlere sehr kurzhalsig und mit weiter Oeffnung etwa ½ Litre fasste. Die beiden anderen fassten je 150 CC. Flüssigkeit. Die drei beschriebenen Kölbchen waren unter einander durch eine Leitung von gebogenen Glasröhren verbunden ohne Kautschuk. Die Glasröhrchen gingen direct durch die drei Korke, mit welchen die Kölbchen verschlossen waren.

Nennen wir die beiden kleinen Kölbchen A und C, das grössere B, so waren die Glasröhren folgendermaassen angeordnet.

Alle drei die Kölbchen verschliessenden Korke waren doppelt durchbohrt. Durch den Kork des Kölbchens A ging ein rechtwinkelig gobogenes Rohr bis nahe an den Boden des Kölbchens. Ein anderes doppelt rechtwinkelig — hufeisenförmig — gebogenes Rohr mündete mit seinem einen kurzen Schenkel direct unter der im Inneren des Kölbchens A befindlichen Oberfläche des das betreffende Kölbchen schliessenden Korkes. Der andere längere Schenkel desselben Rohres ging durch den Kork des grösseren Kölbchens B und mündete an dessen Boden. Ein zweites dem obenbeschriebenen Rohre völlig analog gebogenes Rohr mündete mit seinem kurzen Schenkel unter der inneren Oberfläche des Korkes des Kölbchens B; sein längerer Schenkel mündete am Boden des Kölbchens C, durch dessen Kork dasselbe hindurchtrat. Durch den Kork des Kölbchens C ging noch ein einfach rechtwinkelig gebogenes Rohr mit seinem kurzen Schenkel, das an der inneren Korkoberfläche mündete.

Denken wir uns nun alle drei Kölbchen halb mit Flüssigkeit gefüllt nnd einen Saugapparat, wie dies in Wirklichkeit statt hatte, mit dem Rohre, dessen kurzer Schenkel in dem Kölbchen C mündete, ver-

bunden, so wird, wenn der Saugapparat in Thätigkeit sich befindet, Luft ungehindert in das Kölbchen A, durch die in demselben enthaltene Flüssigkeit, in das Kölbchen B durch die in diesem enthaltene Flüssigkeit, in das Kölbchen C und durch dessen Flüssigkeit in den Saugapparat angesogen werden können. Sind nun die Kölbchen A und C bis etwa in die Mitte mit Barytwasser gefüllt, so wird im Kölbchen A alle Kohlensäure der einströmenden Luft, im Kölbchen C aber Kohlensäure der aus dem Kölbchen B abströmenden Luft aufgefangen werden können. Ist das Barytwasser in C ehe es zu dem Versuche verwendet wurde, genau titrirt worden, so ergiebt nach dem Versuche das Titer derselben Flüssigkeit den Unterschied an säuresättigender Eigenschaft, ein Minus ist auf Kohlensäure zu beziehen.

Auch das mittlere Kölbchen B ist mit einer geringeren Flüssigkeitsmenge gefüllt und zwar mit ausgekochtem Wasser aus dem Grunde, um bei einem Erwärmen des Gefässes die Gefahr eines etwaigen Zerspringens zu verhüten und durch eine Sättigung der Luft mit Wasserdampf ein äusserliches Vertrocknen der untersuchten Muskeln zu verhüten. Ausserdem ist ohne eine geringe Menge von Flüssigkeit in dem Kölbchen die Temperatur nicht ohne grosse Mühe constant zu erhalten.

Durch den Kork des Kölbchens B ging noch ausser den beiden schon beschriebenen Röhren ein feines Thermometer, um die Temperatur in dem Innern des Gefässes genau bestimmen zu können.

Alle Korke mit ihren Verbindungsstellen an dem Glase waren mit grosser Sorgfalt mit flüssiggemachtem Wachse verstrichen, so dass der Apparat, der bis hierher nirgends Kautschukverbindungen, die nach den Untersuchungen von Pettenkofer niemals vollkommen luftdicht schliessen, besass, sondern lediglich aus Glas, Kork und Wachs, also aus einem Stück bestand, vollkommen luftdicht verschlossen war.

An dem einen Rohre des Kölbchens A, dessen einer Schenkel ins Freie mündete, sass, mit Kautschuk verbunden, eine U förmig gebogene Röhre mit Kalistücken an, um womöglich schon ehe die Luft in das Kölbchen kam, ihr die grösste Menge Kohlensäure, die sie enthielt, zu entziehen. Dies gelang in der That so vollkommen, dass das Barytwasser in dem ersten Kölbchen sich während der Dauer eines Versuches nie merklich trübte. Dem Kalirohr war noch, um das Kali vor Feuchtigkeit zu schützen, ein Chlorcalciumröhrchen vorgelegt.

Der Saugapparat, ein Aspirator, welcher Luft während des Versuches durch den Apparat zu saugen hatte, war ebenfalls, wie das Kalirohr mit einer Kautschukverbindung an das eine Rohr aus dem Kölbchen C befestigt. Die Versuche von Pettenkofer haben ergeben, dass die Menge des aus einem solchen Aspirator ausfliessenden Wassers nie genau der durchgesaugten Luftmenge entspricht. Es wurde deshalb von vorne herein von dieser Messung Umgang genommen und der Luftzug dadurch geregelt, dass die in der Flüssigkeit des Kölbchens C in der Zeiteinheit aufsteigenden Blasen gezählt, und ihre Anzahl gleich erhalten wurde, was durch die Regulirung der Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus dem Aspirator leicht zu bewerkstelligen war. Da die Blasen stets von gleicher Grösse waren, da die Flüssigkeitsmengen, und damit der Druck in den einzelnen Kölbchen, stets gleich erhalten wurden, so war damit auch die in gleichen Zeiten durch den Apparat strömende Luft auf eine einfache Weise gleich gemacht.

Die Muskeln, die zur Untersuchung verwendet wurden, wurden an einem in dem Kork des Kölbchens B befestigten scharfen Haken angehängt, so dass sie die im Kölbchen enhaltene Flüssigkeit nicht berührten. Um sie todtenstarr werden zu lassen, wurde mit einer sehr kleinen Flamme die Temperatur im Innern des Kölbchens auf + 45° C. gebracht und auf dieser Höhe 20 Minuten lang constant erhalten. Während dieser Zeit wurde Luft durch den Apparat gesaugt. Nach dieser Zeit, welche hinreicht, die Muskeln vollkommen todtenstarr zu machen, wurde die Flamme entfernt, mit dem Luftdurchsaugen durch den Apparat jedoch noch 30 Minuten fortgefahren. Danach wurde der Apparat auseinandergenommen. Aus dem Kölbchen C, das eine gemessene Menge mit Oxalsäure, von der 1 CC. = 1 Mgrm. Kohlensäure entspricht, titrirten Barytwassers enthielt, eine gemessene Menge dieses Barytwassers herausgenommen und nachtitrirt. Aus dem Ergebniss des Titrirens wurde auf die Gesammtmenge der producirten Kohlensäure gerechnet.

Das Titriren geschah nach der Pettenkofer'schen Methode durch Prüfung eines aus der Flüssigkeit herausgenommenen Tropfens auf sehr empfindlichem Curcumapapier. Die Methode ist auf 0,1 CC. der zur Titrirung verwendeten Oxalsäure genau. Man kann demnach mit ihrer Hülfe noch 0,0001 Grm. Kohlensäure genau bestimmen.

Zu je einem combinirten Versuche wurden sechs Frösche ver-

wendet. Zu der einen Bestimmung die einen sechs Hinterschenkel von der ganzen Anzahl, zu der zweiten die anderen sechs. Das Blut war auf das Sorgfältigste aus den Muskeln entfernt. Die sechs Beine wurden, ehe sie in das Kölbchen gebracht wurden, gewogen. Nach dem Versuch wurde alles Fleisch sorgfältig von den Knochen abpräparirt und letztere nachgewogen. Die Differenz der beiden erhaltenen Gewichte ergab das Gewicht der untersuchten Muskeln.

Mit dieser Methode gehen wir nun an die Untersuchung selbst.

Es ist klar, dass der Apparat, schon ehe er eine Kohlensäurequelle in sich enthält, etwas Kohlensäure enthalten muss, da er ja mit Luft gefüllt ist. Es musste die erste Aufgabe sein, die Menge der im Apparat enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde der Apparat in Gang gesetzt, ohne eine Kohlensäurequelle in seinem Innern.

Kohlensäure-Bestimmung im leergehenden Apparat.

Versuchsdauer 20 Minuten.

30 CC. Barytwasser erforderten zur Neutralisation vor dem Versuch	31,4 CC.	Oxalsäure
Nach dem Versuch	31,1 CC.	,,
Differenz	0,3 CC.	,,

1 CC. Oxalsäure entspricht 1 Mgrm. Kohlensäure. Der Apparat enthielt demnach 0,0003 Grm. Kohlensäure, welche Grösse als verschwindend klein und gleichbleibend in den folgenden Versuchen vernachlässigt wurde. Der Versuch ist gleichzeitig ein Beweis von der vollkommenen Dichtigkeit des Apparates und von der vollkommenen Absorption der einströmenden Kohlensäure durch das vorgelegte Kalirohr und Barytwasser.

Nach dieser Prüfung des Apparates kann zur Prüfung der Vorfrage:
entwickeln gleiche Muskeln in gleichen Zeiten gleiche Mengen Kohlensäure?
geschritten werden.

Zu diesem Behufe wurden zu jeder der folgenden Bestimmungen sechs Frösche getödtet; von allen je ein Hinterschenkel abgeschnitten, und diese sechs in den Untersuchungsapparat gebracht. Die zweiten sechs Hinterschenkel lagen während der ersten Bestimmung im feuchten Raume mit Haut bedeckt.

Vorversuche:

Zur Bestimmung der Kohlensäuremengen, welche von gleichen Muskeln in gleichen Zeiten abgegeben werden.

Das Erhitzen auf + 45° C. dauerte 20 Minuten.

Die Dauer des ganzen Versuchs 50 Minuten.

Nr. I.

1.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen	23,45 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC. bedurften . .	45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC. bedurften zur Neutralisation	40,1 CC. ,,
Das Barytwasser hatte abgenommen an Stärke um	5,7 CC. ,,
23,45 Gramm Froschfleisch producirten demnach	0,0057 Grmm. Kohlensäure
100 Gramm Froschfleisch . . .	**0,0240** ,, ,,

2.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen	23,70 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC.	45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC.	39,9 CC. ,,
Das Barytwasser hatte abgenommen an Stärke um	5,9 CC. ,,
23,7 Gramm Froschfleisch producirten demnach	0,0059 Grmm. Kohlensäure
100 Gramm Froschfleisch . . .	**0,0248** ,, ,,

Die gewonnenen Resultate stimmen vortrefflich:

1) . . .	**0,0240** % Kohlensäure.
2) . . .	**0,0248** % ,,
Differenz .	**0,0008** % ,,

Nr. II.

1.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen	31,5 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC.	45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC.	39,2 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	6,6 CC. ,,
31,5 Grm. Froschfleisch producirten	0,0066 Grm. Kohlensäure
100 Grm. Froschfleisch	**0,0210** ,, ,,

2.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen	31,8 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC.	45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC.	38,9 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	6,9 CC. ,,
31,8 Grm. Froschfleisch producirten	0,0069 Grm. Kohlensäure
100 Grm. Froschfleisch	**0,0216** ,, ,,

Die gewonnenen Resultate stimmen ebenfalls vortrefflich:

1) . . .	**0,0210** %	Kohlensäure.
2) . . .	**0,0216** %	,,
Differenz .	**0,0006** %	,,

Die beiden Versuche beweisen mit hinlänglicher Sicherheit das von uns für Anstellung vergleichender Kohlensäurebestimmungen geforderte Postulat:

Gleiche Muskeln produciren unter gleichen Bedingungen bei ihrem Absterben gleiche Mengen Kohlensäure.

Im Mittel aus den beiden angestellten Versuchen berechnet sich der Versuchsfehler auf:

0,0007 %.

Es steht nichts mehr im Wege, nach Erledigung der Vorfragen sogleich an die vergleichende Bestimmung der Kohlensäureproduction des ruhenden und tetanisirten Muskels zu gehen.

§ 2.

Kohlensäureproduction des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Auch zu jedem der folgenden Doppelversuche wurden sechs Frösche verwendet. Die Hinterschenkel mussten hier wie bei den schon beschriebenen Versuchen abgebunden werden. Der Tetanus wurde durch Strychnin hervorgerufen. Die Vorsichtsmaassregeln hiebei blieben die gleichen, wie sie schon in den vorhergehenden Capiteln des Näheren beschrieben wurden.

Versuchsdauer jedes Einzelversuchs 50 Minuten; davon 20 Minuten lang Erwärmen auf 45° C.

Versuch Nr. I.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des untersuchten Muskels ohne Knochen . . . . 25,3 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 25,3 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . 6,1 CC. ,,
25,3 Grm. Froschfleisch producirten 0,0061 Grm. Kohlensäure
100 Grm. ruhender Froschmuskel **0,024** ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . 27,7 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 27,0 CC. ,,
Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . 4,4 CC. ,,

27,7 Grm. tetanisirter Muskeln producirten . . . . 0,0044 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskeln . . . . 0,016 ,, ,,

Der ruhende Muskel producirte . . . . 0,024 %
,, tetanisirte ,, ,, ... 0,016 %
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels 0,008 %

an Kohlensäure auf die feuchte Muskelmasse berechnet. Auf die Menge der von dem ruhenden Muskel producirten Kohlensäure berechnet sich die Abnahme der Production auf **33,3 %**.

Versuch Nr. II.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . 25,50 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 26,7 CC. ,,
Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . 4,7 CC. ,,
25,5 Grm. Muskeln producirten im geruhten Zustand . . . . . . 0,0047 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel **0,0184** ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des untersuchten Muskels 28,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . . . 27,6 CC. ,,
Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . 3,8 CC. ,,
28,4 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten . . . . 0,0038 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . **0,0133** ,, ,,

Der ruhende Muskel producirte . . .	0,0184 %	Kohlensäure
„ tetanisirte „ „ . . .	0,0133 %	„
Differenz zu Gunsten d. geruhten Muskels	**0,00151** %	„

Diese Differenz bezieht sich auf die feuchte Muskelmasse; auf die Gesammtmenge der vom ruhenden Muskel ausgegebenen Kohlensäure berechnet beträgt sie **27,8** %.

Versuch Nr. III.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	27,7 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	26,1 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	5,3 CC. „
27,7 Grm. ruhender Froschmuskel producirten	0,0053 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel	**0,0191** „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	29,6 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	26,8 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	4,6 CC. „
29,6 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten	0,0046 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel	**0,0155** „ „

Der ruhende Muskel producirte . . .	0,0191 %	Kohlensäure
„ tetanisirte „ „	0,0155 %	„
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels	**0,0036** %	„

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet; auf die Gesammtmenge der im ruhenden Zustand ausgegebenen Kohlensäure berechnet sich die Differenz auf: **76,8** %.

Versuch Nr. IV.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	32,2 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	25,9 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	5,5 CC. ,,
32,2 Grm. geruhter Froschmuskel producirten	0,0055 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel	**0,0171** ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	35,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	29,1 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	2,3 CC. ,,
35,4 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten	0,0023 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel	**0,0065** ,, ,,
Der ruhende Muskel producirte .	0,0171 % ,,
,, tetanisirte ,, ,, . .	0,0065 % ,,
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels	**0,0106** % ,,

auf feuchte Muskelsubstanz berechnet; auf die Gesammtausgabe von Kohlensäure bei dem geruhten Muskel berechnet sich diese Differenz auf **62** %.

Versuch Nr. V.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	27,7 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure

Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	27,0 CC. Oxalsäure
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	4,4 CC. ,,
27,7 Grm. geruhter Froschmuskel producirten	0,0044 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel	**0,0158** ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	33,1 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	29,0 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	2,4 CC. ,,
33,1 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten	0,0024 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel	**0,0072** ,, ,,
Der geruhte Muskel producirte . .	0,0158 % ,,
,, tetanisirte ,, ,, . .	0,0072 % ,,
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels	**0,0086** %

auf feuchte Muskelmasse berechnet; auf die Gesammtabgabe des geruhten Muskels an Kohlensäure berechnet sich die Differenz auf:

49,6 %.

Versuch Nr. VI.

1. Geruhter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	24,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	39,0 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	35,5 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	3,5 CC. ,,

24,4 Grm. geruhter Froschmuskel producirten	0,0035 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel	**0,0143** ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln	28,8 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC.	39,0 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC.	35,3 CC. ,,
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um	3,5 CC. ,,
28,8 Grm. tetanisirter Muskel producirten	0,0035 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel	**0,0121** ,, ,,
Der ruhende Muskel producirt . .	0,0143 % ,,
,, tetanisirte ,, ,, . .	0,0121 % ,,
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels	**0,0022** % ,,

auf feuchte Muskelsubstanz berechnet; auf die Gesammtmenge der von dem ruhenden Muskel producirten Kohlensäuremenge berechnet sich die Differenz auf: **15,4** %.

In allen vorstehend mitgetheilten Versuchen zeigte sich die Kohlensäureproduction des tetanisirten Muskels um eine nicht unbedeutende Procentzahl geringer als die bei dem ruhenden Muskel beobachtete.

Die Verschiedenheiten in den Procentmengen sind sehr gross, ebenso die Verschiedenheit der procentischen Verminderung der Kohlensäureproduction des Muskels durch den Tetanus. Doch darf auf diese Verschiedenheiten, der zahlreichen Fehlermöglichkeiten wegen, kein grosses Gewicht gelegt werden.

In folgender Tabelle sind die Procentzahlen zusammengestellt.

Tabelle.

Vergleichende Kohlensäurebestimmungen des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Versuchs-Nummer.	Muskel und sein Zustand.	Procentische Kohlensäure-abgabe des Muskels.	Differenz der Kohlensäure-abgabe in Procenten.	Die Differenz — Abnahme der Kohlensäureabgabe nach dem Tetanus — in Procenten der Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels.
1.	ruhend tetanisirt	0,0240 % 0,0160 -	0,0080	33,3 %
2.	ruhend tetanisirt	0,0184 % 0,0133 -	0,0051	27,8 %
3.	ruhend tetanisirt	0,0191 % 0,0155 -	0,0036	18,9 %
4.	ruhend tetanisirt	0,0171 % 0,0065 -	0,0106	62,0 %
5.	ruhend tetanisirt	0,0158 % 0,0072 -	0,0086	49,6 %
6.	ruhend tetanisirt	0,0143 % 0,0121 -	0,0022	15,4 %
Im Mittel	**ruhend tetanisirt**	**0,0181 % 0,0117 -**	**0,0074**	**36,4 %**

Die Zahlen sprechen für sich selbst: Die tetanisirten Muskeln zeigen in der Zeiteinheit eine geringere Kohlensäure production als die geruhten gleichnamigen desselben Thieres.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass dieses Phänomen mit der vermehrten Kohlensäureproduction des Muskels zusammenhängt, die alle bisherigen Untersucher während des Muskeltetanus nachgewiesen haben. In der vorausgegangenen in der Zeiteinheit gesteigerten Abgabe liegt hier wie bei der Fleischmilchsäure der Grund der beobachteten Verminderung. Auch an der Kohlensäureabgabe des Muskels lässt sich der Satz, dass der Tetanus des lebenden Thieres mit einer Verminderung der Muskelstoffe verbunden ist, nachweisen.

Im Mittel beträgt die von 100 Gramm Froschmuskel bis zu dem Eintritt der Höhe der Todtenstarre abgegebene Kohlensäuremenge etwas

weniger als 0,02 % dem Gewichte nach. Rechnen wir auf trockene Muskelsubstanz, diese zu 20 % der feuchten Muskelmasse angenommen, so giebt dies für die Kohlensäureproduction etwa 0,1 % dem Gewichte nach.

Nach dem Tetanus sinkt diese Grösse der Kohlensäureabgabe oft um die Hälfte und etwas mehr.

Ein weiterer Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Kohlensäureabgabe hat sich aus naheliegenden Gründen — die Versuche sind der Natur der Sache nach nicht scharf genug in ihren Resultaten, um geringere Schwankungen mit Sicherheit nachweisen zu können — nicht ergeben.

§ 3.

Resultate.

1. Die im lebenden Thiere tetanisirten Muskeln liefern bis zur Höhe der Wärmestarre weniger Kohlensäure als die geruhten unter gleichen Verhältnissen.

Dem Muskeltetanus folgt eine Verminderung der Kohlensäureabgabe bei dem Absterben des betroffenen Muskels.

2. Die gleichnamigen Muskeln des gleichen Thieres liefern in der Zeiteinheit gleiche Kohlensäuremengen während der Ruhe.

3. Die Kohlensäureabgabe der Muskeln verschiedener Thiere derselben Species schwankt ganz in analoger Weise wie die Säureentwickelung in den Muskeln.

Siebentes Capitel.

Vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes des ruhenden und tetanisirten Muskels.

§ 1.

Methode und Voruntersuchung.

In den Nachrichten von der G. A. Universität und der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vom 14. August 1861 theilt G. Meissner unter dem Titel: »Zur Kenntniss der Stoffmetamorphose im Muskel« als vorläufige Mittheilung die Entdeckung eines wahren Zuckers in den Skeletmuskeln mit.

Ebenfalls in den Nachrichten der Göttinger Universität — für 1862, Nr. 10. Ueber die Darstellung des Fleischzuckers — in einem zweiten Artikel sichert er die erste Angabe durch die Mittheilung des Nachweises des Zuckers in Substanz[1]).

Unstreitig ist der Nachweis des Zuckers im Muskel eine der schönsten neueren Entdeckungen der physiologischen Chemie und giebt Boden für die weittragendsten Hypothesen über den Zersetzungsmodus der albuminähnlichen Stoffe.

Meissner verfehlte nicht, diese Schlüsse zu ziehen und suchte durch zwei Methoden, die vollkommen beweiskräftig erscheinen, die Ansicht zur Gewissheit zu erheben, dass der Zucker im Muskel in Wahrheit diesem Organe selbst und nicht etwa dem Blute entstamme und dass er ein Zersetzungsproduct des Eiweisses sei.

Er wies den Zucker in dem Muskel, aus welchem alles Blut durch Wasserinjection entfernt war, nach und fand ihn auch bei einem längere Zeit hindurch einzig mit Fleisch gefütterten Thiere.

---

1) Siehe auch Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie. 1861. S. 269. 296 ff.

Der Zucker entstammt demnach der Muskelsubstanz selbst, und gewiss ist es mehr als wahrscheinlich, dass es das Eiweiss ist, welchem er seine Entstehung verdankt.

Es lag sehr nahe, einem so gut charakterisirten Stoff, wie es der Muskelzucker nach der Entdeckung Meissner's ist, bei der vorliegenden Untersuchung Beachtung zu schenken. Es musste die Frage aufgeworfen werden, ob auch die Menge des Muskelzuckers durch den Tetanus einer Veränderung unterliege.

Die Frage schien sich einfach entscheiden zu lassen, da die Methode, welche Meissner zum qualitativen Nachweise benutzt hatte, sich unschwer zu einer quantitativen Bestimmungsmethode erheben lässt.

Meissner bediente sich zum Nachweise des Zuckers neben der Gährungsmethode der Reduction von Kupferoxyd zu Kupferoxydul durch Zucker in alkalischer Lösung.

Ueber letztere Methode sagt in der ersten Abhandlung Meissner Folgendes:

»Sehr schwer ist es den Fleischzucker von solchen stickstoffhaltigen Substanzen besonders Kreatin und Kreatinin zu reinigen, welche wie Ammoniak das im Entstehen begriffene Kupferoxydul in Lösung halten, daher kommt es sehr selten, dass sich Kupferoxydul ausscheidet; in den bei weiten häufigsten Fällen, in denen bei Anstellung der Probe das Kupferoxydul in Lösung bleibt . . . (ist) . . . es nothwendig, jedesmal die Flüssigkeit mit Salzsäure anzusäuren und mit einer frischbereiteten Lösung von Ferridcyankalium zu prüfen: der rothe Niederschlag von Ferridcyankupfer zeigt mit Sicherheit die Gegenwart von Kupferoxydul an.«

Diese Methode der Zuckerbestimmung lässt sich mit dem im vierten Capitel beschriebenen Wasserextracte mit ziemlicher Leichtigkeit zu einer quantitativen Bestimmungsmethode erheben. Ich realisirte dies folgendermaassen.

Ich bereitete mir eine sehr verdünnte Lösung von reinem Kupfervitriol in Kalilauge. Die Flüssigkeit war schön blau gefärbt und 0,2 CC. davon zu 20 CC. des Extractes gesetzt ertheilten diesen eine deutliche blaue Färbung. Das Extract befand sich in einem sehr kleinen Glaskölbchen, in welchem es zum Kochen gebracht wurde. Zu dem kochenden Wasserextract wurde nun tropfenweise die Kalikupferlösung zu-

gesetzt bis eben keine Entfärbung der Flüssigkeit mehr eintrat, 0,1 bis 0,2 CC. ist hiebei das Maximum der möglichen Fehlergrenze.

Das Resultat wurde noch einer weiteren Controle unterworfen. Ich tränkte schwedisches Filtrirpapier mit einer Lösung von Ferrocyankalium mit Salzsäure, welches zu diesem Zwecke stets frisch geschehen musste. Ein Tropfen einer Mischung von 0,1 CC. meiner Kalikupferlösung in 20 CC. Wasser gab auf diesem blauen Papiere noch einen deutlichen etwas körnigen braunrothen Niederschlag in Tropfenform umgeben von einem der Einwirkung des Kali entstammenden gelbrothen Ring. Kupferoxydullösung gab natürlich diese Reaction nicht. Ich hatte demnach in diesem Reagenspapiere ein Mittel in der Hand, einen Ueberschuss von nicht reducirter Kupferoxydlösung, und zwar 0,1 CC. derselben noch mit Genauigkeit zu erkennen.

Ich konnte mit dieser Methode hoffen, auch etwaige kleine Unterschiede in dem Zuckergehalt des Muskels vor und nach dem Tetanus mit Sicherheit nachweisen zu können.

Es schien mir jedoch zweckmässig, mich zuerst noch durch eigenen Augenschein von der Anwesenheit des Zuckers im Muskelsafte zu überzeugen. Ich wählte dazu die Gährungsmethode, mit der Absicht, aus der gegohrenen Flüssigkeit den entstandenen Alkohol zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke nahm ich 4 Pfund möglichst blutfreies Fleisch — Kalbfleisch, aus welchem durch das Stechen des Thieres fast alles Blut entfernt wird — hackte dasselbe möglichst fein und kochte es mit dem gleichen Gewicht destillirten Wassers bis zur vollkommenen Gerinnung alles Eiweisses.

Die fast vollkommen klare sauere Flüssigkeit, welche die Eigenschaft, Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren, in hohem Maasse besass, wurde mit etwas Hefe versetzt, welche durch Auswaschen von allem etwa in ihr enthaltenen Zucker vollkommen befreit war — sie besass gekocht und filtrirt keine reducirenden Eigenschaften mehr — und in den Brutraum gesetzt. Um die Kohlensäureentwickelung der Fleischbrühe dem Auge vollkommen deutlich zu machen, war dem Kolben, in welchem sich die Brühe befand, ein Kölbchen mit Barytwasser vorgelegt.

Wenige Stunden nach dem Einsetzen der Fleischbrühe in den Brutraum begann die Kohlensäureentwickelung. Die Kohlensäure stieg in kleinen Bläschen auf und das vorgelegte Barytwasser begann sich

zu trüben. Nach zwölf Stunden war die Gährung im vollkommenen Gang, nach 36 Stunden war sie beendigt.

Nach 72 Stunden wurde die Fleischbrühe aus dem Brutraum genommen, um weiter untersucht zu werden.

Die Flüssigkeit roch nach faulem Käse und reagirte stark sauer, und, worauf ich einen Hauptnachdruck zu legen gezwungen bin, reducirt auch nach der Gährung des Zuckers noch freilich schwach die alkalische Kupferoxydlösung. Es ist selbstverständlich, dass ich mich vor etwaigen Täuschungen durch Kochen der Flüssigkeit und Filtriren — um alle etwa aus der Hefe stammenden Albuminate zu entfernen — sicher stellte.

Die sauere Flüssigkeit wurde in einer geräumigen Retorte der Destillation unterworfen mit Beobachtung der Vorsichtsmaassregeln, die die Destillation geringer Alkoholmengen erfordert.

Zuerst gingen vor einem Uebergang von Flüssigkeiten eigenthümlich stark riechende Dämpfe über, die sich in der Vorlage ansammelten und eine stark alkalische Reaction besassen, trotzdem dass sie aus einer saueren Flüssigkeit gewonnen waren. Mit Salzsäure bildeten sie dicke, weisse Nebel. Ich will sogleich hier andeuten, dass mich einige weitere Beobachtungen zu der Annahme zu berechtigen scheinen, dass wir es hiebei nicht allein mit Ammoniak sondern mit einer flüchtigen organischen Base: Methylamin zu thun haben, welches sich, wie bekannt unter den Zersetzungsproducten mehrerer organischer Verbindungen und in den durch Destillation aus thierischen Materien erhaltenen Oelen vorfindet.

Die Fleischflüssigkeit bleibt auch nach der Destillation sauer.

Durch viermalige Destillation wurden aus der Fleischflüssigkeit geringe Mengen — etwa 1 CC. — einer Flüssigkeit gewonnen, welche sich sogleich durch ihre Entzündbarkeit und geringe specifische Schwere etc. als Alkohol kennzeichnete. Es genügt der Nachweis des gebildeten Alkohols, um alle vielleicht noch gehegten Zweifel zu zerstreuen und festzustellen, dass die im Fleischsafte enthaltene, Kupferoxyd in alkalischer Lösung zu Oxydul reducirende Substanz wirklich, wenigstens ihrem Hauptheile nach, ein gährungsfähiger, wahrer Zucker sei.

Ich musste diese Einwendung, dass sich nicht alle reducirende Eigenschaft auf Zucker beziehen könne, aus dem schon oben ange-

führten Grunde machen, weil die Fleischflüssigkeit auch nach vollständigem Ablauf der Gährung noch, wenn auch in sehr geringem Grade reducirende Eigenschaften besitzt.

Veranlasst durch diese Beobachtung unternahm ich es, die Untersuchungen von L. v. Babo und G. Meissner über die Eigenschaft noch anderer organischer Substanzen als Zucker, das Kupferoxyd in alkalischer Lösung zu reduciren, zu wiederholen.[1])

Es gelingt sehr leicht, die Angabe der genannten Forscher, dass reine Harnsäure die fragliche Eigenschaft in hohem Maasse besitzt, zu bestätigen. Jeder Menschenharn besitzt in Folge dessen die reducirende Eigenschaft. Ebenfalls steht es vollkommen sicher, dass wie von denselben Untersuchern angegeben wird, Harnstoff und Hippursäure diese Eigenschaft nicht zeigen. Ebenso habe ich mich von der nichtreducirenden Wirkung des Guanin, Leucin, Pyroxin und des Strychnin überzeugt, letztere Base musste natürlich, da sie zur Erzeugung des Tetanus in den folgenden Versuchen benutzt werden sollte, der Untersuchung mit unterworfen werden. Auch Milchsäure und Kynurensäure reduciren in keiner Weise.

In Betreff des Kreatins und Kreatinins kam ich jedoch zu abweichenden Resultaten. Die genannten Autoren hatten erkannt, dass durch diese Körper eine gewisse Menge anderweitig gebildetes Kupferoxydul in Lösung erhalten werde. Ich muss behaupten, dass die Körper ausser dieser Eigenschaft noch die andere besitzen: Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren. Es bedarf hiezu keines weiteren Zusatzes von Alkali, da die fraglichen Körper besonders Kreatinin selbst die Rolle der Base vertreten.

Das gebildete Oxydul bleibt in Lösung, kann jedoch mit Ferridcyankalium mit Leichtigkeit nachgewiesen werden. Bei der Prüfung dieser Eigenschaft des Kreatins und Kreatinins ist es jedoch erforderlich, mit sehr verdünnten Kupferlösungen zu operiren, da die reducirende Eigenschaft zwar deutlich, jedoch gegen die des Zuckers gehalten nur sehr gering ist.

Die Beobachtung dieser Eigenschaft des Kreatins machte die messende Bestimmung der reducirenden Eigenschaft des Muskels nutz-

1) Zeitschrift f. rat. Medicin. 1858. II. S. 321.

los, wenn nicht festzustellen war, welchem der im Muskelsafte enthaltenen Stoffe diese Reaction vorzugsweise angehöre.

Die im Muskel enthaltenen, an der Reduction des Kupferoxydes sich betheiligenden Stoffe sind:

1. Zucker.
2. Kreatin.
3. Kreatinin.

Alle quantitativen Bestimmungen der reducirenden Eigenschaft des Muskelsaftes geben ein Gesammtresultat der Reduction durch die genannten Stoffe.

Schon auf den ersten Blick ist ersichtlich, dass die Gährung der Flüssigkeit ein Mittel an die Hand giebt, um wenigstens die reducirende Eigenschaft des Muskelzuckers von der der übrigen mitconcurrirenden Stoffe zu trennen.

Es wurden zu diesem Behufe eine grössere Reihe von Versuchen angestellt, welche das übereinstimmende Resultat ergaben, dass zwar nach der Gährung die reducirende Eigenschaft der Fleischbrühe noch nicht verschwunden sei, dass sie jedoch sich messenden Beobachtungen ihrer Geringfügigkeit wegen entzieht. Es ist danach möglich die reducirende Eigenschaft des Muskelsaftes allein auf den Zucker, der in ihm enthalten ist, zu beziehen, da der kleine Antheil, den die übrigen reducirenden Stoffe an dieser Eigenschaft des Muskelsaftes besitzen, gegen den des Zuckers vollkommen verschwindet.

Das Titer der angewendeten Kupferoxydlösung: 1 CC. alkalische Kupferoxydlösung entspricht = 0,000366 Gramm Zucker.

Diese Zahl liegt allen im folgenden Paragraphen gegebenen Berechnungen des Zuckergehaltes im Muskel zu Grunde.

Nach diesen Voruntersuchungen steht nun nichts mehr im Wege, die vergleichenden Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel vorzunehmen.

§ 2.

Vergleichende Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Die Methode der quantitativen Zuckerbestimmung im Muskelsafte wurde schon im Allgemeinen in dem vorstehenden Paragraphen besprochen. Hier erübrigt es nur noch darauf hinzuweisen, dass bei der Bereitung des Wasserextractes keine der vielen Vorsichtsmaassregeln,

die im zweiten Capitel bei der Wasserbestimmung im Muskel und im vierten Capitel bei der Bestimmung der Extracte als unumgänglich nöthig bezeichnet wurden, um vergleichbare Resultate zu erhalten, hier unterlassen werden durften. Besonders war Vorsicht nothwendig, um alles Blut, das ja Zucker enthält, aus dem Muskel zu entfernen.

Es wird zweckmässig sein, sogleich zur Besprechung der Versuche selbst überzugehen. Die Resultate der Reduction sind mit Vernachlässigung des Kreatins etc. allein auf Zucker gerechnet.

Versuch Nr. I.

Zu diesem Versuche wurden sechs Frösche verwendet. Drei davon wurden mit Strychnin tetanisirt; drei andere sogleich geschlachtet.

Von beiden Partieen Fröschen wurden aus 25 Gramm Fleisch 100 CC. Fleischflüssigkeit auf die schon oft besprochene Methode dargestellt.

Je 20 CC. der Fleischflüssigkeit wurden auf ihre reducirende Eigenschaft geprüft und zwar in der Art, dass sowohl zu der Flüssigkeit der ruhenden Frösche — Nr. I. — als zu der der tetanisirten — Nr. II. — 3 CC. der Kupferlösung gesetzt wurden. Das Resultat war folgendes:

1. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch stark blau.
2. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.
3. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch blau.
4. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.
5. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch blau.
6. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.

Der Versuch lehrt, so einfach er angestellt wurde, dass die reducirende Eigenschaft des Fleisches tetanisirter Frösche grösser ist, als bei geruhten Thieren. Der Zuckergehalt des Muskels erscheint im Widerspruch zu dem bisher ausnahmslos beobachteten Verhalten der übrigen Muskelstoffe im tetanisirten Muskel grösser als im geruhten.

Ueber quantitative Verhältnisse dieser Vermehrung des Zuckergehaltes ergiebt der Versuch keine Anhaltspuncte, doch ist auch so angestellt der Versuch instructiv und es eignet sich diese Methode vorzüglich, die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus möglichst rasch und einfach zu constatiren. Während bei Zusatz einer bestimmten Menge Kupferlösung die Flüssigkeit des geruhten Muskels blau bleibt, entfärbt sich die der tetanisirten vollkommen.

Es lag mir natürlich daran, das Resultat vorstehenden Versuches zu einem genau quantitativen zu machen. In den folgenden Versuchsreihen sind derartige Resultate zusammengestellt. Hiebei wurden nicht nur eine gleiche Anzahl von Fröschen ruhend und tetanisirt untersucht, sondern es wurde von jedem zur Untersuchung benutzten Frosche je ein Hinterbein abgebunden, ganz in der schon oftmals beschriebenen Weise, um die erhaltenen Resultate genau vergleichbar zu machen.

Versuch Nr. II.

Es wurden sechs Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	20,25	Gramm.
,, ,, gekochten ,, ...	34,65	,,
In 20,25 Grammen frischem Muskel sind enthalten an festen Stoffen	4,14	,,
Demnach in 34,65 Grammen gekochtem Muskel Wasser	30,51	,,

Zu den 34,65 Gramm gekochten Muskel wurden noch 69,5 CC. destillirten Wassers gesetzt, die Gesammtmenge des Wassers im Muskel betrug dadurch 100 CC.

Nach 24stündigem Stehen wurden je 20 CC. von der Fleischflüssigkeit auf ihre reducirende Eigenschaft geprüft.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	24,90	Gramm.
,, ,, gekochten ,, ...	40,40	,,
In 24,9 Grammen frischem Muskel sind enthalten an festen Stoffen	4,55	,,
Demnach in 40,4 Grammen gekochtem Muskel Wasser	35,8	,,

Zu den 40,4 Gramm gekochten Muskel wurden noch 74,1 CC. destillirten Wassers gesetzt, die Gesammtmenge des Wassers im Muskel betrug dadurch 110 CC.

100 : 110 = 20,25 : 24,9.

Die Fleischflüssigkeit war demnach in I. und II. gleich concentrirt; gleiche Volumina der einen und der anderen entsprachen einander vollkommen.

Die reducirenden Eigenschaften waren folgende:

I. 1.	20 CC.	Fleischflüssigkeit	reducirten	3 CC.	Kupferlösung.
I. 2.	20 ,,	,,	,,	3 ,,	,,
I. 3.	20 ,,	,,	,,	3 ,,	,,
I. 4.	10 ,,	,,	,,	1,5 ,,	,,
II. 5.	20 ,,	,,	,,	6 ,,	,,
II. 6.	20 ,,	,,	,,	6 ,,	,,
II. 7.	20 ,,	,,	,,	6 ,,	,,
II. 8.	10 ,,	,,	,,	3 ,,	,,

Die acht vorstehend mitgetheilten Einzelversuche ergeben das übereinstimmende Resultat, dass der tetanisirte Muskel gerade um das Doppelte mehr Kupferoxyd reducirt als der geruhte.

Es muss bemerkt werden, dass die Kupferlösung in diesem und im folgenden Versuch nicht titrirt war, sodass diese Versuche auf die absoluten Mengen des im Muskel während seiner beiden physiologischen Zustände enthaltenen Zuckers keinen Schluss gestatten.

Ich lasse sogleich den dem Versuche Nr. II. ganz analogen Versuch Nr. III. folgen.

Versuch Nr. III.

Es wurden dazu acht Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	29,60	Gramm.
,, ,, gekochten ,, ...	37,55	,,
In 29,6 Grammen frischem Muskel sind an festen Stoffen	6,04	,,
Demnach in 37,55 Grammen gekochtem Muskel Wasser	31,51	,,

Es wurden noch 118,49 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtwassermenge betrug dadurch 150 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels . . . . 33,90 Gramm.

" " gekochten " . . . . 47,10 "

In 33,9 Gramm frischen Muskels sind an festen Stoffen enthalten . . . . 6,92 "

Demnach in 47,1 Gramm gekochten Muskels an Wasser . . . . 40,18 "

Es wurden noch 131,6 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtmenge betrug dadurch . . . 171,8 CC.

29,6 : 33,9 = 150 : 171,8.

Die beiden Fleischflüssigkeiten I. und II. waren demnach vollkommen gleich concentrirt, sodass gleiche Volumina ganz gleichen Fleischmengen entsprachen.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

I. 20 CC. Fleischflüssigkeit reducirten 1,2 CC. Kupferlösung.

II. 20 " " " 1,8 " "

Die reducirende Eigenschaft des ruhenden Muskels ist demnach um ⅓ geringer als die des tetanisirten Muskels. Der Zuckergehalt des Muskels hat durch den Tetanus um 50 % zugenommen.

Die Concentration der hiebei angewendeten Kupferlösung war unbekannt aber um ein Bedeutendes stärker als in den ersten beiden Versuchen.

Nachdem diese ersten Versuche nachgewiesen haben, dass der Zuckergehalt des Muskels durch den Tetanus steigt und zwar in einer Versuchsreihe um das Doppelte, in der anderen um die Hälfte des Gewichtes Zucker im ruhenden Muskel, schien es von Werth zu sein, die absoluten Zuckermengen in beiden Fällen genau zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke wurde, wie schon in § 1 angegeben, die verwendete alkalische Kupferoxydlösung auf Krümelzucker titrirt:

1 CC. Kupferoxydlösung entsprach 0,000366 Gramm Krümelzucker.

Mit dieser Lösung wurde bei allen folgenden Versuchen titrirt.

Versuch Nr. IV.

Es wurden dazu sechs Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels . . . . 26,70 Gramm.

" " gekochten " . . . . 27,70 "

In 26,7 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen	5,30 Gramm.
Demnach in 27,7 Gramm gekochten Muskels an Wasser	23,4 ,,
Es wurden noch 101,6 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtwassermenge betrug dadurch . . .	125 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	28,9 Gramm.
,, ,, gekochten ,, ...	28,3 ,,
In 28,9 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen	5,50 ,,
Demnach in 28,3 Gramm gekochten Muskels sind an Wasser	22,8 ,,
Es wurden noch 102,2 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtwassermenge betrug dadurch . . .	125 CC.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel.

1.	20 CC.	Fleischflüssigkeit	reducirten	1,4 CC.	Kupferlösung.
2.	20 CC.	,,	,,	1,4 CC.	,,
3.	20 CC.	,,	,,	1,6 CC.	,,
4.	20 CC.	,,	,,	1,6 CC.	,,
5.	10 CC.	,,	,,	0,8 CC.	,,
	125 CC.	,,	,,	**10,0 CC.**	,,

125 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 26,7 Gramm Fleisch; 100 Gramm ruhender Muskel reducirten demnach 37,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm ruhender Froschmuskel enthalten: 0,014 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

6.	20 CC.	Fleischflüssigkeit	reducirten	2,2 CC.	Kupferlösung.
7.	20 CC.	,,	,,	2,4 CC.	,,
8.	20 CC.	,,	,,	2,4 CC.	,,
9.	20 CC.	,,	,,	2,5 CC.	,,
10.	10 CC.	,,	,,	1,3 CC.	,,
	125 CC.	,,	,,	**15,0 CC.**	,,

125 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 28,9 Gramm Fleisch; 100 Gramm tetanisirter Muskel reducirten demnach 52,0 CC. Kupferoxyd-

lösung, d. h. 100 Gramm frischer tetanisirter Froschmuskel enthalten: 0,019 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhender Muskel enthalten Zucker	=	0,014 Gramm.
100 „ tetanisirter „ „ „	=	0,019 „
Der tetanisirte Muskel enthält mehr . . .	=	0,005 „

In Procenten der Gesammtzuckermenge der ruhenden Muskel beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle 36 %.

Versuch Nr. V.

Es wurden dazu 8 Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	27,20 Gramm.
Gewicht des gekochten Muskels	23,50 „
In 27,2 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen	5,40 „
Demnach in 23,5 Gramm gekochten Muskels Wasser	18,10 „
Dazu wurden noch zugesetzt 91,9 CC. Wasser, sodass die Gesammtwassermenge betrug . .	110 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	27,2 Gramm.
Gewicht des gekochten Muskels	25,5 „
In 27,2 Gramm frischen Fleisches sind enthalten an festen Stoffen	5,4 „
Demnach in 25,5 Gramm gekochten Muskels Wasser	20,1 „
Dazu wurden noch zugesetzt 89,9 CC. Wasser, sodass die Gesammtwassermenge betrug . .	110 CC.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1) Von der Fleischflüssigkeit des ruhenden Muskels reducirten 20 CC. = 1,7 CC. Kupferlösung. 110 CC. demnach = 9,35 CC.

110 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 27,2 Gramm ruhenden Muskels; 100 Gramm ruhenden Muskels reducirten demnach 34,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm ruhenden Froschmuskels enthalten: 0,013 Gramm Zucker.

2) Von der Fleischflüssigkeit des tetanisirten Muskels reducirten 20 CC. = 2,4 CC. Kupferlösung. 110 CC. demnach = 13,17 CC.

110 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 27,2 Gramm tetanisirten Muskels; 100 Gramm tetanisirten Muskels reducirten demnach 48,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels enthalten: 0,017 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhenden Muskels enthalten an Zucker	=	0,013 Gramm.
100 „ tetanisirten „ „ „ „	=	0,017 „
Der tetanisirte Muskel enthält mehr	=	0,004 „

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle **31%**.

Auch dieses Versuchsergebniss stimmt vollkommen mit den bisherigen. Das Resultat steht fest, dass der Muskel nach dem Tetanus im lebenden Thiere zuckerreicher ist, als vor demselben.

§ 3.

Wo wird der Zucker, der nach dem Tetanus im Muskel vermehrt ist, gebildet?

Um die eben dargelegte Beobachtung richtig würdigen zu können, musste es mir daran liegen, einen naheliegenden Einwand gegen die von Meissner herrührende Annahme, dass der Muskelzucker einer Eiweisszersetzung im Muskel entstamme, zurückzuweisen.

Man könnte nämlich auf den Verdacht kommen, das der im Muskel im ruhenden Zustand vorhandene, nach dem Tetanus vermehrte Zucker zwar im Organismus aus dem Eiweisse der Nahrung gebildet werde, wie diess die Versuche Meissner's mit Fleischfütterung nicht anders annehmen lassen, aber nicht im Muskel selbst, sondern in dem als zuckerbildend schon längst erkannten Organe, der Leber. Man müsste dann annehmen, dass durch Diffusion der Zucker aus dem Blute in den Muskel gelangen und sich da bis zu einem gewissen Grad anhäufen könne. Ist durch den Tetanus die zuckerbildende Eigenschaft der Leber gesteigert, so dass demnach das Blut mit einer grösseren Zuckermenge in diesem Organe beladen wird, so erklärt sich die grössere Zuckermenge im Muskel einfach aus rein physikalischen Gesetzen.

Es lagen zwei Wege zur Entscheidung der Frage vor, ob die Leber bei der Vermehrung des Zuckergehaltes im Muskel bei dem Tetanus eine Rolle spiele, oder nicht.

Ich benutzte dazu vor allem die Methode der Exstirpation der Leber und der nachträglichen Vergiftung des operirten Thieres mit Strychnin.

Die Versuchsvorbereitung war folgende. Der zu operirende Frosch wurde auf ein Operationsbrettchen aufgebunden; etwas rechts von der Mittellinie des Bauches ein Hautschnitt und Muskelschnitt bis über den oberen Leberrand geführt, an das obere Ende des Muskelschnittes noch ein rechtwinkelig aufsitzender Querschnitt nach hinten und aussen angeschlossen. Der Frosch drückt nun selbst seine Eingeweide theilweise aus der Wunde heraus und es ist leicht die Leber am besten direct mit den Fingern von ihren losen Anheftungen zu trennen und einen festen aber dünnen Faden hinter ihr herum zu führen, abzubinden und mit der Scheere abzutrennen. Auf diese Weise ist es möglich, fast vollkommen blutlos die Operation zu vollenden. Die Bauchwunde wurde mit einigen Heften vereinigt und sodann in gewöhnlicher Weise der eine Hinterschenkel abgebunden und das Thier vergiftet.

Die einfache Unterbindung des Herzens, welche die Blutcirculation auch vollkommen ausgeschlossen hätte, wovon man einen analogen Erfolg hätte erwarten können, wie von der Leberexstirpation, verwarf ich deswegen, weil die Wirkung des Lymphstromes damit noch nicht aufgehoben ist und man von diesem eine analoge Wirkung, wie vom Blute würde erwarten können.

Ich gehe sogleich zur Beschreibung der an den entleberten Fröschen erhaltenen Resultate über.

Vergleichende Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel entleberter Frösche.

Versuch Nr. I.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Frischer Muskel wog	7,40	Gramm
Muskelgewicht nach dem Kochen	8,35	,,
In 7,40 Gramm frischen Muskels sind enthalten feste Stoffe	1,48	,,
In 8,35 Gramm gekochten Muskels demnach Wasser	6,90	,,
Es wurden noch 23,1 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . .	30 CC.	

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	8,80 Gramm.
Gewicht des gekochten Muskels	13,40 ,,
In 8,8 Gramm frischen Muskels sind an festen Stoffen	1,70 ,,
Demnach in 13,4 Gramm gekochten Muskels Wasser	11,7 ,,
Es wurden noch 24,0 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . .	35,7 CC.

7,4 : 8,8 = 30 : 35,7.

Die Wassermengen verhalten sich wie die Muskelgewichte, die Fleischflüssigkeiten sind also gleich concentrirt, gleiche Volumina entsprechen einander direct.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel:

15 CC. Fleischflüssigkeit reducirten = 1,2 CC. Kupferlösung.

30 CC. Fleischflüssigkeit = 7,4 Gramm ruhender Froschmuskel reducirten also = 2,4 CC. Kupferoxydlösung, 100 Gramm ruhender Muskel reducirten demnach 32,4 CC. der Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten 0,012 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

15 CC. Fleischflüssigkeit reducirten = 1,5 CC. Kupferlösung.

35,7 CC. Fleischflüssigkeit = 8,8 Gramm tetanisirten Froschmuskels reducirten also = 3,75 CC. Kupferoxydlösung. 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels reducirten demnach 42,6 CC. der Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels sind enthalten 0,016 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhender Froschmuskel enthält Zucker	=	0,012 Gramm.
100 ,, tetanisirter ,, ,, ,,	=	0,016 ,,
Der tetanisirte Muskel enthält mehr	=	0,004 ,,

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle **33,3 %**.

Trotz der Entleberung der angewendeten Frösche sehen wir eine Vermehrung des Zuckers im Muskel eintreten und zwar in vollkommen normaler Weise.

Der folgende Versuch ist dem eben mitgetheilten analog.

Versuch Nr. II.
Drei Frösche angewendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	12,05 Gramm.
Gewicht des gekochten Muskels	13,30 ,,
In 12,05 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen	2,40 ,,
In 13,3 Gramm gekochten Muskels demnach an Wasser	10,90 ,,
Es wurden noch 39,1 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . .	50 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels	13,15 Gramm.
Gewicht des gekochten Muskels	14,40 ,,
In 13,15 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen	2,63 ,,
Demnach in 14,4 Gramm gekochten Muskels an Wasser	11,77 ,,
Es wurden noch 42,7 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . .	54,5 CC.

$$12{,}05 : 13{,}15 = 50 : 54{,}5.$$

Die Wassermengen verhalten sich wie die Muskelgewichte, gleiche Volumina der Muskelflüssigkeit entsprechen demnach einander.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel.

10 CC.	Fleischflüssigkeit	reducirten	0,7 CC.	Kupferlösung.
20 CC.	,,	,,	1,5 CC.	,,
50 CC.	,,	,,	3,5 CC.	,,

50 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 12,05 Gramm Muskel, es reducirten demnach 100 Gramm ruhender Muskel 29,0 CC. Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm ruhenden Muskels waren enthalten 0,011 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

10 CC.	Fleischflüssigkeit	reducirten	1,1 CC.	Kupferlösung.
20 CC.	,,	,,	2,2 CC.	,,
54,5 CC.	,,	,,	6,0 CC.	,,

54,5 CC. entsprechen 13,15 Gramm Muskel, es reducirten demnach 100 Gramm tetanisirten Muskels 45,5 CC. Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm tetanisirten Muskels waren enthalten 0,017 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhenden Muskels enthalten an Zucker	= 0,011	Gramm.
100 ,, tetanisirten ,, ,, ,, ,,	= 0,017	,,
Der tetanisirte Muskel enthält mehr um . . .	= 0,006	,,

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle 55 %.

Diese beiden Versuche ergeben mit voller Deutlichkeit, dass die Exstirpation der Leber auf die Vermehrung des Zuckers im Muskel durch den Tetanus vollkommen ohne Einfluss bleibt, dass demnach mit aller Sicherheit der Muskel selbst als die Bildungsstätte des Zuckers angesehen werden darf. Der Muskel ist ein zuckerbildendes Organ.

Die beiden Versuche an entleberten Fröschen sind den an nicht entleberten angestellten vollkommen analog.

Nach Führung des indirecten Beweises, dass der Zucker im Muskel nach dem Tetanus nicht der Leber entstamme, haben wir noch, um jede Einwendung zurückzuweisen, die directe Beweisführung selbst auch anzutreten.

Es ist klar, dass dieser geforderte directe Beweis dann geführt sein wird, wenn es uns gelingen sollte, in dem ausgeschnittenen, blutfreien Muskel, nachdem wir ihn auf elektrischem Wege in Tetanus versetzt haben, die bisher stets gefundene Vermehrung des Zuckers ebenfalls deutlich nachzuweisen.

Die Methode des elektrischen Tetanisirens war die schon mehrmals beschriebene; das Material zu den Zuckerbestimmungen — Fleischwasserextract — lieferten zu den folgenden beiden ersten Versuchen die zu den im vierten Capitel § 4, als Nr. IV. und Nr. V. aufgeführten Wasserextractbestimmungen verwendeten Frösche. Der folgende Versuch Nr. I. entspricht dem dortigen Versuch Nr. IV., Nr. II. dem Nr. V. Die Gewinnung und die quantitativen Verhältnisse des Wasserextractes für diese beiden Versuche muss am angegebenen Orte nachgesehen werden. Der folgende Versuch Nr. III. ist bisher noch nicht erwähnt.

Gehen wir sogleich zur Besprechung der Resultate der Zuckerbestimmung über.

Vergleichende Zuckerbestimmung im ausgeschnittenen tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

1. Ruhender Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . . 13,9 Gramm.
Die Gesammtextractmenge betrug . . 100 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

a) Flüssigkeit vor dem Gähren.

25 CC. Wasserextract des ruhenden Muskels reducirten nicht ganz (die Flüssigkeit hatte schon eine leichte Färbung) . . . . . . 1,8 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,9 Gramm ruhenden Muskels reducirten also vor dem Gähren . . . . 7,2 CC. ,, ,,
100 Gramm ruhender Muskel . . . 51,8 CC. ,, ,,

b) Nach dem Gähren.

25 CC. Wasserextract reducirten nicht ganz (die Flüssigkeit ist röthlich blau) . . . . . 0,6 CC. alkal. Kupferl.

2. Tetanisirter Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . . 14,85 Gramm.
Die Gesammtextractmenge betrug . 25 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

a) Flüssigkeit vor dem Gähren.

25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten . . . . 3,4 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 14,85 Gramm tetanisirten Muskels reducirten also vor dem Gähren . . . 13,6 CC. ,, ,,
100 Gramm tetanisirter Muskel . . 91,5 CC. ,, ,,

b) Nach dem Gähren.

25 CC. Wasserextract wurden blauroth bei Zusatz von (die Färbung ist schwächer als bei dem geruhten Muskel) . . . . . . 0,6 CC. alkal. Kupferl.

100 Gramm ruhender Muskel reducirten vor dem Gähren: **51,8** CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter Muskel

hingegen: 91,5 CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um 39,7 CC.! Die reducirende Eigenschaft des ruhenden Muskels = 100 angenommen so war die des tetanisirten: 176,6.

Nicht die ganze Grösse der Reduction ist auf die Anwesenheit des Zuckers zu schieben. Wir sehen, dass auch noch nach dem Gähren ein Rest der reducirenden Eigenschaften der Fleischflüssigkeit übrig war, doch konnte der Grad der reducirenden Eigenschaft nicht mehr genau bestimmt werden. Nehmen wir an, dass die 25 CC. nach dem Gähren wirklich noch 0,6 CC. der alkalischen Kupferoxydlösung reducirt hätten, was schon für den tetanisirten Muskel, noch mehr aber für den geruhten weit zu hoch gegriffen ist — die Flüssigkeit war ja schon stark gefärbt, — so würden von den reducirenden Eigenschaften des Muskelextractes bei 100 Gramm Muskel 17,2 CC. entsprechend auf andere reducirende Körper als Zucker treffen. 100 Gramm ruhender Muskel reducirten vor dem Gähren: 51,8 CC., davon gingen also 17,2 CC. ab, es blieben demnach für Zucker: 34,6 CC.; 100 Gramm tetanisirter Muskel reducirten vor dem Gähren 91,5 CC., nach dem Gähren auch noch 17,2 CC., es treffen also bei ihm auf Zucker: 74,3 CC.

Das Resultat des Versuches ist sehr deutlich:

Auch der ausgeschnitten tetanisirte Muskel zeigt eine Vermehrung seines Zuckergehaltes in Folge des Tetanus. Der Gährungsversuch zeigt, dass die übrigen reducirenden Stoffe des Muskels ausser Zucker auf das Resultat der Reduction von keinem wesentlichen Einflusse seien.

Die Gährungsversuche, die Versuche, nach der Gährung noch die reducirenden Eigenschaften des Fleischextractes zu bestimmen, hatten alle ein gleiches Resultat: stets wurden die Flüssigkeiten schon durch wenige Tropfen der alkalischen Kupferoxydlösung gefärbt, sodass eine scharfe Bestimmung der reducirenden Eigenschaften nicht mehr ausführbar war. Fast immer jedoch schien der tetanisirte Muskel noch stärker als der geruhte zu reduciren, was ich auf eine Vermehrung des Kreatins beziehen musste. Das eben angeführte Beispiel mag zur Veranschaulichung der Verhältnisse genügen.

Versuch Nr. II

1. Ruhender Muskel.

Das Fleisch wog frisch	13,05 Gramm.
Die Gesammtmenge des Extractes betrug	100 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des ruhenden Muskels reducirten . . . . 0,9 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,05 Gramm ruhender Muskel reducirten also . . . . 3,6 CC. ,, ,,
100 Gramm ruhender Muskel . . . **27,5** CC. ,, ,,

2. Tetanisirter Muskel.
Das Fleisch wog frisch . . . . 13,7 Gramm.
Die Gesammtmenge des Extractes betrug 100 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten . . . . 3,0 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,7 Gramm tetanisirten Muskels reducirten also . . . . 12,0 CC. ,, ,,
100 Gramm tetanisirter Muskel . . **87,6** CC. ,, ,,

100 Gramm ruhender Muskel reducirten: **27,5** CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter Muskel: **87,6** CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um **60,1** CC.! Die reducirenden Eigenschaften des ruhenden Muskels = 100 angenommen so war die des tetanisirten: 355.

Auch hier zeigt sich demnach eine sehr deutliche Vermehrung des Zuckers im ausgeschnitten tetanisirten Muskel in Folge des Tetanus.

Versuch Nr. III.

3 Frösche verwendet.

Beginn des Tetanus: 8^h 20′.
Ende des Tetanus: 9^h 30′.

1. Ruhender Muskel.
Muskel frisch . . . . 14,1 Gramm.
In 14,1 Gramm Muskel sind Wasser . . 11,3 ,,
Bei dem Kochen kamen hinzu . . . . 15,8 ,,
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . 72,9 ,,
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . 100 ,, = C.C

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des ruhenden Muskels reducirten	1 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 14,1 Gramm ruhender Muskel reducirten also	4 CC. „ „
100 Gramm ruhender Muskel . . .	**28,3** CC. „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Muskel frisch	17,7 Gramm.
In 17,7 Gramm Muskel sind Wasser . .	14,1 „
Beim Kochen kamen noch hinzu . . .	11,2 „
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verwendet	74,7 „
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser	100 „ = CC.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten	2,5 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 17,7 Gramm tetanisirter Muskel reducirten also	10 CC. „ „
100 Gramm tetanisirter Muskel . .	**56,5** CC. „ „

100 Gramm ruhender Muskel reducirten: **28,3** CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter: **56,5** CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um: **28,2** CC.! Die reducirenden Eigenschaften des ruhenden Muskels = 100 angenommen so sind die des tetanisirten: 200.

Das Resultat der Zuckervermehrung durch den Tetanus ist auch hier sehr deutlich.

Wir haben somit den geforderten directen Beweis geführt, dass der Zucker, welcher sich nach dem Tetanus des Muskels in letzterem vermehrt zeigt, wirklich auch an dem Orte, an welchem er gefunden wird, entsteht und nicht etwa von aussen her einwandert. Mit anderen Worten: der Zucker bildet sich aus der Muskelsubstanz selbst.

Die Angabe Meissner's ist dadurch vollkommen bestätigt.

In folgender Tabelle stelle ich zur besseren Uebersicht die gewonnenen procentischen Werthe für die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus tabellarisch zusammen.

Tabelle

über den procentischen Zuckergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchsthieres, Frosch.	Zustand des Muskels. 100 Gramm.	Menge der von 100 Gramm Muskel reducirten Kupferoxydlösung in CC.	Procentischer Zuckergehalt des Muskels.
1.	Frosch lebend, mit Leber.	ruhend tetanisirt	74,0 132,0	— —
2.	,,	ruhend tetanisirt	30,4 45,4	0,011 0,017 = + 0,006
3.	,,	ruhend tetanisirt	37,4 52,0	0,014 0,019 = + 0,005
4.	,,	ruhend tetanisirt	34,4 48,4	0,013 0,017 = + 0,004
5.	Frosch lebend ohne Leber.	ruhend tetanisirt	32,4 48,4	0,012 0,016 = + 0,004
6.	,,	ruhend tetanisirt	29,0 45,5	0,011 0,017 = + 0,006
7.	Frosch geschlachtet, der Muskel ausgeschnitten tetanisirt.	ruhend tetanisirt	51,8 91,5	— —
8.	,,	ruhend tetanisirt	27,5 87,6	— —
9.	,,	ruhend tetanisirt	28,3 56,5	— —
Im Mittel	—	**ruhend** **tetanisirt**	**100** **144**	**0,012** **0,017**
Auf trockene Muskelsubstanz gerechnet	ruhend = 20,4 % tetanisirt = 18,3 %			**0,058** **0,093**

§ 4.

Resultate.

1. Ich bestätige die Angabe Meissner's von dem Vorkommen eines wahren, gährungsfähigen Zuckers im Muskel.

2. Die Eigenschaft der Fleischbrühe in alkalischer Lösung Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren rührt nicht allein von ihrem Zuckergehalt her: auch Kreatin und vornehmlich Kreatinin besitzen diese Eigenschaft in geringem Grade.

3. Der Muskel ist nach dem Tetanus **zuckerreicher** als vorher im Zustande der Ruhe, und zwar beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus im Durchschnitt 41%.

4. Die Leber ist von keinem Einfluss auf die Vermehrung des Zuckers im Muskel während des Tetanus.

5. Der Zucker entsteht während des Tetanus im Muskel selbst **aus der Muskelsubstanz.**

6. Der Gehalt des ruhenden Froschmuskels beträgt 0,58 pr. Mll.; der des tetanisirten beinahe 1 pr. Mll. (0,93) der trockenen Muskelsubstanz.

Achtes Capitel.

Der Fettgehalt des Muskels.

§ 1.

Versuchsplan.

Durch eine Gedankenreihe, die sich an die Thatsache der Vermehrung der in Alkohol löslichen Extractivstoffe durch den Tetanus anknüpfte, wurde ich auf die Untersuchung des Fettgehaltes des Muskels vor und nach dem Tetanus hingeführt.

Man weiss längst, dass alles Fleisch, auch das mikroskopisch vollkommen fettfreie, einen oder mehrere in Aether lösliche sich als Fett charakterisirende Stoffe besitze.

Man weiss ferner, dass unter pathologischen Bedingungen in dem Muskel eine grosse Menge dieses Fettes sich ansammeln könne und die pathologischen Anatomen nannten seit langer Zeit diesen anomalen

Zustand: fettige Degeneration der Muskelsubstanz. Es schien aus dieser Bezeichnung hervorzugehen, dass man an eine Umwandlung der Muskelsubstanz in Fett dachte.

Trotzdem betrachtete man den bekannten normalen Fettgehalt des Muskels, wie ich glaube, noch niemals von dem Gesichtspuncte, als könnte er sein Entstehen auch unter normalen Verhältnissen einer Zersetzung der Muskelsubstanzen selbst verdanken. Man hielt sich, soviel mir bekannt, stets an den Gedanken, dass das Fett des Muskels den in demselben enthaltenen Nerven entstamme.

Es ist keine Frage, dass sich gegen die letztgenannte Annahme schon mit unseren jetzigen Kenntnissen, wie mir vorkommt, gegründete Einwände machen lassen.

Wenn wir uns daran erinnern, dass die pathologischen Zustände keine qualitative sondern nur eine quantitative Verschiedenheit zeigen von den Zuständen und Vorgängen des normalen Lebens, so erscheint uns schon die oben genannte fettige Degeneration in diesem Lichte nur als eine Steigerung schon normal in geringerer Grösse vor sich gehender Processe.

Andererseits scheint mir die normal im Muskel sich findende Fettmenge zu gross um allein auf die in demselben vorhandenen Nervenausbreitungen bezogen werden zu können.

Ein dritter Grund wiegt für mich besonders schwer. Wir haben gefunden, dass in einigen Beziehungen das Fleisch alter sich wenig bewegender Individuen — zweites Capitel, § 3. — sich ähnlich verhalte dem tetanisirten Muskel: vor allem machte ich auf die Vermehrung des Wassergehaltes und die Verminderung der Oxydationsvorgänge im Muskel unter den genannten Umständen aufmerksam.

Es fand sich nun bei der Betrachtung des Fleisches der untersuchten beiden alten Individuen, dass der Fettgehalt desselben sehr bedeutend hoch war. Er betrug in dem einen Falle (Frau): 5,5% der trockenen Muskelsubstanz, die im Ganzen nur 18,8% des feuchten Muskels ausmachte. In dem anderen Falle (Mann) ist das Verhältniss der anderen Muskelsubstanzen zum Fette noch ungünstiger. Die Fettmenge betrug 5,0% der festen Stoffe, diese selbst nur 15,2% des frischen Muskels. Der Fettgehalt des Gesammtkörpers und zwar das Fett im Fettgewebe und in der Nervensubstanz hatte sich hierbei in ähnlichem Verhältnisse vermindert als der Körper überhaupt ärmer an

festen Stoffen geworden war. Es kann sich demnach der gesteigerte Fettgehalt des Muskels nicht etwa auf eine Vermehrung der Nervenmasse im Muskel in Folge des Alters beziehen. Eine gesteigerte Fettanlagerung von Aussen her fand ebenfalls nicht statt, im Gegentheile ist diese sehr bedeutend vermindert. Es bleibt uns also kaum eine andere Annahme übrig, als dass das Fett da, wo wir es finden, im Muskel auch wirklich entstanden sei.

Auch die Leichenwachsbildung spricht für die Möglichkeit einer Umbildung der Muskelstoffe in fettähnliche Körper bei einer Behinderung der Oxydation. Eine derartige Behinderung der Oxydationsvorgänge im Muskel durch den Tetanus und das Alter haben wir schon im zweiten Capitel behauptet und wir werden sie in der Folge unserer Untersuchung noch mit aller Bestimmtheit für den ersteren physiologischen Zustand erweisen.

Nach diesen Betrachtungen scheint mir der Gedanke, dass vielleicht der Tetanus auf den Fettgehalt des Muskels von Einfluss sei, nicht mehr vollkommen unberechtigt, und ich mache mich an die Darlegung der zur Entscheidung dieser Frage angestellten Versuche.

§ 2.

Methode der Fettbestimmung.

Die Fettbestimmungen im ruhenden verglichen mit dem tetanisirten Muskel wurden im Anschluss an die Bestimmungen des Gesammtalkoholextractes angestellt. Ueber die Methode der Erzeugung des Tetanus, der auch, um von vornherein alle Zweifel über den Ort der Entstehung des Fettes auszuschliessen, am ausgeschnittenen, blutfreien Muskel erregt wurde, muss im vierten Capitel § 5 nachgesehen werden. Bei der Besprechung der einzelnen Versuche wird angegeben werden, zu welchen Alkoholextractbestimmungen jede Fettbestimmung gehört.

Die Bestimmung des Fettes wurde in der Weise gemacht, dass von dem Alkoholextract, dessen Beziehung zu dem angewendeten Muskelgewicht genau bekannt war, eine bestimmte gemessene Menge mit Glaspulver in einer flachen Schale getrocknet wurde bei möglichst niederer Temperatur. Nachdem das Extract vollkommen trocken war, wurde die Gesammtmenge mit dem Glaspulver sorgfältig aus der Schale herausgenommen und in eine unten mit fettfreier Baumwolle verschlossene in eine feine Oeffnung ausgehende Glasröhre von der Dicke einer Ver-

brennungsröhre eingefüllt. Die Schale wurde ganz in der bei Einfüllung für Elementaranalysen gebräuchlichen Weise mit Glaspulver vollkommen nachgewaschen und gereinigt; das Waschpulver wurde ebenfalls in die Extractionsröhre gebracht (C. Voit).

Die Extractionsröhre war senkrecht befestigt, unter ihrer feinen Oeffnung stand ein genau tarirtes Gläschen, in welches der oben in die Röhre aufgegossene Aether ablief; das Aufgiessen des Aethers wurde bis zur vollkommenen Extraction alles in Aether Löslichen — Fett — fortgesetzt. Dann der Aether abgedampft und der Extract vollkommen mit allen nöthigen Vorsichtsmaassregeln getrocknet. Die Zunahme des Gewichtes des Gläschens wurde als Fett in Rechnung gebracht.

Der Aetherrückstand — Fett — war stets von hellgelblicher Farbe, schmierig, wachsähnlich; er machte auf Papier einen schwachen Fettflecken; kurz er zeigte ganz das Verhalten des eigenthümlichen thierischen Fettes, das sich aus allen Organen und aus dem Koth der Thiere (C. Voit) ausziehen lässt. Ich erhielt zu wenig, um seine chemische Natur näher zu bestimmen.

§ 3.

Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Gehen wir soglcich zur Besprechung der 5 angestellten vergleichenden Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel über. Es wird zweckmässig sein, um einen Einblick in die Genauigkeit der angestellten Versuche zu gestatten, die Protocolle möglichst ausführlich zu geben. Die procentischen Werthe sollen am Schlusse dieses Paragraphen zusammengestellt werden.

Fettbestimmungen.

Versuch Nr. I.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. II.)

1. Ruhender Muskel.

= 23,0 Gramm.

= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	45 CC.	
Diese 45 CC. Alkoholextract enthielten Fett	0,0900	Gramm.
Also 100 CC. = 23 Gramm Fleisch . . .	0,200	,,
100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett	**0,87**	,,

2. Tetanisirter Muskel.

= 23,7 Gramm.

= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 44 CC.

Diese 44 CC. Alkoholextract enthielten Fett 0,1025 Gramm.

Also 100 CC. = 23,7 Gramm Fleisch . . 0,2102 „

100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett . . . . **0,89** „

Die Differenz zwischen dem Fettgehalt des ruhenden: 0,87 % zu Gunsten des tetanisirten Muskels: 0,89 % beträgt absolut: 0,02 % oder 2,08 % der Gesammt-Fettmenge.

Versuch Nr. II.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. III.)

1. Ruhender Muskel.

= 21,7 Gramm.

= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 45 CC.

Diese 45 CC. enthielten Fett . . . . . . 0,0855 Gramm.

Also 100 CC. = 21,7 Gramm Muskel . . 0,190 „

100 Gramm ruhender Muskel enthielten Fett . . . . **0,87** „

2. Tetanisirter Muskel.

= 22,6 Gramm.

= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 45 CC.

Diese 45 CC. enthielten Fett . . . . . . 0,0925 Gramm.

Also 100 CC. = 22,6 Gramm Muskel . . 0,256 „

100 Gramm tetanisirter Muskel . . **0,91** „

Der geruhte Muskel enthielt: 0,87 %, der tetanisirte: 0,91 %; die absolute Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt somit: 0,04 % oder 6,3 % der Gesammt-Fettmenge.

Versuch Nr. III.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. V.)

1. Ruhender Muskel.

= 36,45 Gramm.

= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett	0,1040 Gramm.
Also 120 CC. = 36,45 Gramm Muskel . .	0,2496 ,,
100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett	**0,68** ,,

2. Tetanisirter Muskel.

= 36,1 Gramm.

= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett	0,1163 Gramm.
Also 120 CC. = 36,1 Gramm Muskel . .	0,2796 ,,
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett	**0,77** ,,

Die absolute Differenz zwischen den Fettmengen zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt demnach: 0,09 % oder 13,2 % mehr als der geruhte Muskel am Fett besitzt.

Versuch Nr. IV.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. VI.)

1. Ruhender Muskel.

= 34,45 Gramm.

= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten an Fett	0,0460 Gramm.
Also 120 CC. = 34,45 Gramm Muskel . .	0,1104 ,,
100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett	**0,32** ,,

2. Tetanisirter Muskel.

= 35,15 Gramm.

= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett	0,0553 Gramm.
Also 120 CC. = 35,15 Gramm Muskel . .	0,1327 ,,
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett	**0,38** ,,

Die absolute Differenz zwischen den beiden Fettbestimmungen zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt: 0,06 % oder 18,7 % mehr als der geruhte Muskel an Fett besitzt.

Versuch Nr. V.
(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. VII.)

1. Ruhender Muskel.

= 46,7 Gramm.	
= 130 CC. Alkoholextract.	
Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett	0,0452 Gramm.
Also 130 CC. = 46,7 Gramm Muskel . .	0,1375 ,,
100 Gramm ruhender Muskel enthalten an Fett	**0,29** ,,

2. Tetanisirter Muskel.

= 43,8 Gramm.	
= 130 CC. Alkoholextract.	
Davon wurden mit Aether extrahirt . . .	50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett	0,0558 Gramm
Also 130 CC. = 43,8 Gramm Muskel . .	0,1451 ,,
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett	**0,33** ,,

Die absolute Differenz der procentischen Fettmengen beträgt zu Gunsten des tetanisirten Muskels 0,04 % oder die Fettmenge des geruhten Muskels = 100 wie bisher angenommen 13,9 %.

Das Resultat aller fünf angestellten Versuche zeigt gleichmässig einen höheren Fettgehalt des tetanisirten Muskels. Wir können nicht umhin, auszusprechen, dass unsere Resultate die Behauptung rechtfertigen:

Der Tetanus des Muskels ist mit einer Vermehrung des Fettgehaltes der Muskelsubstanz verbunden. Dieses Fett, das sich nach dem Tetanus vermehrt findet, kann nur aus den Muskelstoffen selbst entstanden sein, da der Tetanus an dem ausgeschnittenen, blutfreien Muskel hervorgerufen wurde.

Es ist kein Zweifel, dass diese eben ausgesprochene Behauptung von weittragender Bedeutung sowohl für die Physiologie als die organische Chemie sein muss. Ganz neue Anschauungen über die Zersetzung der Albuminate im Organismus würden sich daraus ergeben.

Wir würden vor Allem behaupten können — nach den Erfahrungen über die Bildung von Milchsäure und Zucker und nun auch von Fett im Muskel aus den Muskelstoffen — dass die Eiweissstoffe in eine Reihe stickstofffreie Producte sich spalten, wie dies für stickstoffhaltige Abkömmlinge schon erwiesen ist.

Aber gerade der Bedeutung des eben gewonnenen Resultates wegen, muss ich auf die geringen Mengen, mit denen wir es zu thun haben, und auf alle die daraus fliessenden Missstände in Betreff der Genauigkeit der Resultate aufmerksam machen. Ich wünsche das Resultat, vorerst mehr nur als eine physiologische Frage hingestellt zu haben. Doch bin ich mir bei Anstellung der Versuche keiner Ungenauigkeit bewusst. Auch will ich darauf aufmerksam machen, dass im Allgemeinen, wie sich dies für den Chemiker von selbst versteht, eine relativ geringere Menge des Versuchskörpers weniger Missstände in Beziehung auf absolute Genauigkeit darbietet als eine zu grosse Masse desselben, die gleichzeitig zur Untersuchung verwendet wird. Ich kann desshalb den Einwurf, als verdienten die chemischen Versuche, die ich bisher mitgetheilt habe, deswegen weniger Vertrauen, weil die Menge des Versuchsmateriales stets eine ziemlich kleine war, nicht als gerechtfertigt ansehen, da Jeder, der die Verhältnisse kennt, weiss, dass mit der in Angriff genommenen grösseren Menge des Versuchsmateriales der Versuchsfehler der Natur der Sache nach wachsen muss; z. B. einige Gramm Froschmuskel sind wir im Stande zu einem feinen, fast homogenen Brei behufs der Extraction zu zerreiben, wer will dies aber mit anderen Fleischsorten, die wir pfundweise verwenden könnten, thun? so oder ähnlich ist das Verhältniss in allen Fällen.

In Betreff der letztmitgetheilten Resultate der Fettbestimmung muss ich noch erwähnen, dass die direct gefundenen Differenzen in den gewogenen Fettmengen stets noch weit innerhalb der Genauigkeitsgrenzen einer feinen chemischen Waage fallen, wie die war, die ich zu allen mitgetheilten feinen Wägungen in Anwendung zog.

Ebenso scheint mir für die Richtigkeit der Resultate auch noch der Umstand zu sprechen, dass der Fettgehalt der Muskeln so namhafte Schwankungen bei verschiedenen Versuchsthieren zeigt. Entstammte er den Nerven, so könnte dies nie der Fall sein.

Zur besseren Uebersicht stelle ich die procentischen Resultate tabellarisch zusammen.

Tabelle

über die vergleichenden Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Versuchs-objectes. Muskel = 100 Gramm.	Procentischer Gehalt an Fett.	Absolute Differenz der gefundenen procentischen Werthe.
1.	geruht tetanisirt	0,869 0,887	+ 0,018
2.	geruht tetanisirt	0,87 0,91	+ 0,04
3.	geruht tetanisirt	0,68 0,77	+ 0,09
4.	geruht tetanisirt	0,32 0,38	+ 0,06
5.	geruht tetanisirt	0,29 0,33	+ 0,04
Im Mittel	**geruht** **tetanisirt**	**0,606 = 100** **0,655 = 108**	**+ 0,049 = 8%**

§ 4.

Resultate.

1. Die Fettmengen in den gleichnamigen Muskeln verschiedener Individuen von Fröschen sind bedeutend verschieden.

2. Fünf Versuchsresultate ergeben:

Durch den Tetanus findet eine Vermehrung der im Muskel schon normal vorhandenen Fettmenge statt. Dieses Fett muss sich aus den Muskelstoffen selbst gebildet haben.

Neuntes Capitel.

Vergleichende Bestimmung der Menge der eiweissartigen Stoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel.

§ 1.

Rückblick und Versuchsplan.

Es erscheint mir zweckentsprechend, ehe wir weiter in der vorliegenden Untersuchung fortschreiten, einen Blick rückwärts auf das bereits Gewonnene zu werfen.

Wir haben im Allgemeinen beobachtet, dass im lebenden Organismus bei normalem Fortbestande aller thierischen Functionen der Tetanus des Muskels mit einer sehr bedeutenden Verminderung der festen Muskelstoffe verbunden sei, auf deren quantitativen Verhältnissen wir die Leistungsfähigkeit des Muskels mit ihrem Mehr oder Minder im gleichen Sinne basirt gefunden haben.

Wir haben anfänglich den secundären Grund des Verlustes ausschliesslich in Betracht gezogen, indem wir nur die Wirkungen der Diffusion zwischen Blut, Lymphe und Muskelsaft, von denen letzterer durch den Tetanus concentrirter an diffusionsfähigen Substanzen — Salzen etc. — wird, ins Auge gefasst haben. Wir haben hiebei gefunden, dass sich nicht nur dem Verlust des Muskels an festen Stoffen entsprechend eine grössere Menge von festen Stoffen im Blute vorfinde, wie wir dies bei einer vorausgesetzten Steigerung der Diffusionsvorgänge zwischen dem Muskelsafte und den ihn umgebenden Flüssigkeiten voraussetzen mussten; sondern wir haben auch direct nachgewiesen, dass die Diffusionsvorgänge zwischen dem Muskelsafte und einer Flüssigkeit von analoger Concentration wie das Blut nach dem Tetanus sehr ansehnlich in ihrer Stärke gewachsen seien, so dass über das in Wirksamkeittreten des supponirten Vorganges kein Zweifel mehr obwalten kann.

Wir fragten nun, was für Stoffe das wohl seien, welche durch die nachgewiesene Verstärkung der Diffusionsvorgänge in Folge des Tetanus aus dem Muskel entfernt würden.

Wir stiessen bei dieser Frage auf eine bedeutende experimentale Schwierigkeit. Es ergiebt sich nämlich auf den ersten Blick, dass wir bei fast allen chemischen Untersuchungen der Muskelsubstanz nicht etwa den lebenden sondern stets den todten Muskel unter den Händen haben und zwar mit all den Veränderungen seines Chemismus, die bekanntermaassen durch die Todtenstarre in ihm hervorgerufen werden. Es mussten, um diese Wirkungen in ihrem Einfluss aus der Beurtheilung der gewonnenen Resultate auszuschliessen, die quantitativen Verhältnisse der Todtenstarre in Bezug auf die in ihrem Gefolge auftretenden Zersetzungen einer näheren Prüfung unterworfen werden.

Das Resultat dieser in den bisherigen einzelnen Capiteln der Untersuchung zerstreut mitgetheilten Beobachtungen ist von grosser Tragweite.

Es scheint sich sicher herauszustellen, dass die Grösse des Zersetzungsvorganges bei dem Absterben des Muskels nicht unter der Einwirkung äusserer Einflüsse stehe, sondern, dass für jeden Muskel — den Ersatz durch Blut etc. von aussen her ausgeschlossen gedacht — für jeden Zeitmoment eine bestimmte, unveränderliche Menge physiologisch zersetzbaren Stoffes existire, mit dessen vollkommener Zersetzung die Todtenstarre ihren Höhepunct erreicht habe.

Auch der Tetanus scheint einzig und allein aus dieser zur physiologischen Zersetzung disponirten Stoffmenge verbrauchen zu können. Es scheint sich herauszustellen, dass zwar die Zersetzungsvorgänge im Muskel, die auch während der Zeit der Muskelruhe ununterbrochen vor sich gehen, durch den Tetanus beschleunigt werden; dass die chemischen Vorgänge im Muskel durch ihn in quantitativer Beziehung eine von den gleichen Vorgängen im ruhenden Muskel etwas verschiedene Richtung bekommen können — Bildung von Kreatinin aus Kreatin nach Sarokow, Vermehrung des Alkoholextractes neben Verminderung des Wasserextractes nach Helmholtz und meinen Beobachtungen, Anhäufung von Zucker und Fett und Kreatin, — dass aber die Gesammtmenge des zersetzten Stoffes bis zum Höhepuncte der Todtenstarre keine Steigerung erfahre, wenn auch durch Tetanus die

Zersetzungsvorgänge beschleunigt worden sind. Die Todtenstarre erreicht eben nur früher bei einem tetanisirten Muskel ihren letzten Höhepunct als bei einem geruhten, aber das schliessliche Resultat scheint in quantitativer Beziehung das gleiche.

Sehr wichtig ist die Bemerkung, dass von diesem für physiologische Zwecke zersetzbaren Stoffvorrathe im Muskel durch die Muskelaction doch stets nur ein kleiner Bruchtheil zersetzt wird, auch wenn wir dieselbe bis zur vollkommenen Erschöpfung der Leistungsfähigkeit des Muskels sich fortsetzen lassen. Es giebt uns dies den Beweis dafür, dass eine Hemmungsvorrichtung in dem thätigen Muskel sich geltend machen müsse, die, durch die Muskelaction selbst in Wirksamkeit gesetzt, den möglichen Muskelstoffverbrauch dem Einflusse des Willens des arbeitenden Individuums entzieht. Lange, ehe die Gesammtmenge des im Muskel vorräthig aufgespeicherten zersetzbaren Materiales verbraucht ist, muss die Muskelarbeit eingestellt werden, eine physiologische Einrichtung, deren Zweckmässigkeit für das arbeitende Individuum und seine allgemeine, nicht augenblickliche Leistungsfähigkeit von vorneherein einleuchtend ist. Es wird uns diese Beobachtung Veranlassung geben, in der Folge der vorliegenden Untersuchung über das Wesen der postulirten Hemmungsvorrichtung und die Bedingungen und Gesetze ihrer Wirksamkeit weiter Beobachtungen anzustellen.

Eine weitere Frage, die sich uns ebenfalls womöglich zur experimentellen Erledigung aufdrängt, ist die nach dem Grunde der Steigerung der physiologischen Zersetzungsvorgänge im Muskel, die wir während seiner Thätigkeit wahrnehmen. Es ist sehr wahrscheinlich, und ich werde noch einmal näher darauf zurückkommen, dass diese Zersetzungsvorgänge auf Oxydationen beruhen. Die Frage stellt sich demnach so, dass wir nach dem Grunde einer gesteigerten Oxydation uns umzusehen haben, die als Grund der Muskelaction auftritt. Es ist bekannt, dass während des Lebens im normalen thierischen Organismus die Oxydationsvorgänge durch das Blut beziehungsweise die Blutscheiben vermittelt werden. Doch werden wir sehen, dass das Blut zum Zustandekommen der Muskelaction nicht unumgänglich nöthig ist; es scheint demnach, dass ähnliche Vorgänge, wie sie im Blute den Sauerstoff in die active Form überführen, auch für sich im Muskel unabhängig von den Blutscheiben aber in analoger Weise wie durch diese Körper vermittelt werden können, und zwar in gesteigerter Weise wäh-

rend der Muskelaction. Auch auf diese Frage werden wir experimental eingehen.

Wir sehen, dass der Gewinn, den wir aus den Bestimmungen der quantitativen Verhältnisse der Stoffzersetzung bei der Todtenstarre zogen, ein nicht unbedeutender ist. Es haben sich uns nicht nur direct wichtige Thatsachen, sondern auch weittragende Fragen für den Fortgang unserer Untersuchung daraus ergeben. Kehren wir nun zu unserer anfänglichen Frage zurück.

Wir haben gefragt, welche Stoffe durch den Tetanus und in Folge der durch denselben gesteigerten Diffusionsvorgänge aus dem Muskel entfernt wurden.

Es ist uns nun klar, dass wir diese Frage nicht einfach durch eine Mengenbestimmung der einzelnen Muskelstoffe vor und nach dem Tetanus eruiren können. Nur diejenigen Stoffe dürfen wir vermindert erwarten in Folge der Muskelarbeit, welche sich in gleicher Weise bei dem Tetanus und der Todtenstarre bilden; also vor Allem die Gesammtmenge der Extractivstoffe, die Gesammtmenge der sich bis zur Höhe der Todtenstarre bildenden Milchsäure und Kohlensäure. Diese Stoffe fanden wir auch in Wahrheit vermindert. Andere Stoffe, wie Zucker und Fett, fanden wir wie das Kreatin vermehrt. Die Versuche im siebenten Capitel § 3 an ausgeschnittenen tetanisirten Muskeln angestellt ergaben jedoch für die Vermehrung des Zuckers in diesem Falle procentisch weit höhere Werthe als diejenigen Versuche, welche am lebendig tetanisirten Thiere gemacht wurden. Es scheint dies zu beweisen, dass ein Theil des durch den Tetanus mehr gebildeten Zuckers durch die Circulation aus dem Muskel im letzteren Falle schon wieder ausgewaschen war, als der Muskel zur Untersuchung kam. Ebenso scheint es mit dem Kreatin. Wir werden beweisen, dass nach dem Tetanus das Blut die physiologischen Eigenschaften einer Kreatinlösung besitzt, zum Beweis, dass eine nicht unbedeutende Menge dieses Stoffes in das Blut übergetreten ist, obwohl sich nach dem Tetanus die Menge desselben noch immer im Muskel vermehrt findet.

Wir haben oben die Diffusion als den secundären Grund des Verlustes von Seiten des Muskels in Folge des Tetanus bezeichnet. Es leuchtet nämlich ein, dass der primäre Grund des Verlustes bei dem Tetanus der Vorgang sein muss, welcher aus den schwer diffundirbaren

Substanzen des Muskels leicht diffundirbare Stoffe erzeugt, ich meine: die Zersetzung der eigentlichen, primären Muskelstoffe.

Es scheint mir nöthig, auf diesen Punct vor Allem noch einzugehen, ehe wir in unserer Untersuchung vorwärts schreiten. Es ist nöthig auch die Mengenverhältnisse der primären Muskelstoffe, wir wollen sie mit Ausschluss des elastischen und leimgebenden Gewebes die Eiweissstoffe des Muskels nennen, einer Prüfung zu unterwerfen.

Zwar gehört die Methode der quantitativen Bestimmung dieser Stoffe zu den noch am schlechtesten gelösten Aufgaben der physiologischen Chemie, und wir finden, dass sogar Helmholtz in der schon oft citirten Untersuchung nicht im Stande war, zu entscheidenden Resultaten über diesen Punct zu gelangen; aber trotzdem machen wir uns an die Aufgabe, da wir ja schon gefunden haben, dass im lebenden Organismus die Veränderungen des Muskels durch den Tetanus weit bedeutendere seien gerade in Folge der Diffusion als bei dem ausgeschnittenen Muskel, den Helmholtz zur Beobachtung verwendete. Wir werden uns zwar den Einwand gefallen lassen müssen, dass wenn wir eine Verminderung der Eiweissstoffe des Muskels finden, dass diese wenigstens zum Theil ihre Entstehung einer Uebercompensirung des Verlustes an Zersetzungsstoffen des Muskels durch eine gesteigerte Wasseraufnahme in Folge der Diffusion verdanke, aber wir werden uns gegen diesen Einwurf schon damit schützen können, dass wir sagen: für den Muskel muss es ganz einerlei sein, ob die Verminderung seiner Eiweissstoffe eine nur relative durch Zunahme an Volum in Folge von Wasseraufnahme erzeugte sei oder eine absolute. Ich verweise hier an die Auseinandersetzung, die im zweiten Capitel § 3 über die Wirkung einer gesteigerten Wasseraufnahme in den Muskel gegeben wurde; wir erkannten dort das Wasser als ein Hemmungsmoment der Oxydation und Zersetzung der Muskelstoffe.

Aber ganz sicher ist die Verminderung eine nicht nur relative, sondern eine absolute.

Auch wenn es feststeht, dass ein Theil der Verminderung der Muskelstoffe durch den Tetanus auf einer Vergrösserung des Muskelvolums durch gesteigerte Wasseraufnahme in den Muskel beruht, so bleibt trotzdem das Factum stehen, dass durch den Tetanus ein Verbrauch von festen Muskelstoffen stattfinde. Die Zunahme des Volu-

mens hat ja ihren einzigen Grund in der Bildung einer grösseren Masse leicht diffundirbarer Substanzen aus den schwer diffundirbaren primären Stoffen der Muskelsubstanz.

Der allgemeine Satz steht also schon jetzt fest, dass der Tetanus des Muskels mit einer Verminderung seiner Eiweissstoffe verbunden sei. Das beweisen unweigerlich die Thatsachen der Verminderung des Leitungswiderstandes des Muskels in Folge des Tetanus; ebenso seine vermehrte Wasseraufnahme, als deren Ursache wir ein gesteigertes Quellungsvermögen des Muskels beruhend auf einer grösseren Menge leicht diffundirbarer Stoffe in seinem Innern nachgewiesen haben; ferner die Neubildung von Kreatin und Zucker und Fett.

Es handelt sich in den folgenden Untersuchungen nicht mehr darum, diesen Satz selbst zu beweisen, sondern nur noch darum, ein etwas genaueres Bild von den Grössenverhältnissen dieses Vorganges in dem lebenden Organismus zu erhalten.

Und so machen wir uns denn nach dieser Apologie unseres Versuchsplanes zu den Versuchen selbst.

§ 2.

Stickstoffbestimmung im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Der erste nächstliegende Weg zur Entscheidung der Frage, ob der Gehalt an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus vermindert werde, ist offenbar der, den Stickstoffgehalt des Muskels vor und nach dem Tetanus zu bestimmen und daraus die Eiweissmenge des Muskels vor und nach der Arbeitsleistung zu berechnen.

Es scheint mir zweckmässig sogleich zu der Besprechung der angestellten Versuche überzugehen.

Zu dem Zwecke der Stickstoffbestimmung wurden in der im zweiten Capitel beschriebenen Weise mit aller Vorsicht Trockenbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel vorgenommen. Die getrockneten Muskeln wurden auf die gebräuchliche Art mit Natronkalk geglüht. Der Gehalt der vorgelegten 20 CC. verdünnter Schwefelsäure betrug:

20 CC. verdünnter SO_3 = 0,2365 Gramm SO_3.
1 CC. „ „ = 0,004139 „ N.

20 CC. der verdünnten Schwefelsäure bedurften 20,5 CC. der angewendeten Natronlauge zur Neutralisation.

Die Versuchsergebnisse waren folgende.

Stickstoffbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

1. Wasserbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

Gewicht des feuchten Muskels	0,8450 Gramm.
,, ,, trockenen ,,	0,1485 ,,
Procentgehalt an festen Stoffen	17,5 %
,, ,, Wasser	82,5 %

b) Tetanisirter Muskel.

Gewicht des feuchten Muskels	1,0200 Gramm.
,, ,, trockenen ,,	0,1620 ,,
Procentgehalt an festen Stoffen	15,88 %
,, ,, Wasser	84,12 %
Die Abnahme des Muskels durch den Tetanus beträgt demnach an festen Stoffen	**1,6 %**

2. Stickstoffbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches	0,1485 Gramm.
20 CC. SO_3 die vor der Verbrennung 20,5 CC. Natronlauge bedurften zur Sättigung, bedurften nach der Verbrennung	15,2 CC. Natronlauge.
Es wurden danach durch das bei der Verbrennung gebildete Ammoniak neutralisirt	5,17 CC. Schwefelsäure.
0,1455 Gramm trockener ruhender Muskel enthalten demnach	0,0214 Gramm N.
100 Gramm trockener ruhender Muskel	**14,41** ,, ,,
,, ,, feuchter ,, ,,	**2,522** ,, ,,

b) Tetanisirter Muskel.

Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches	0,1620 Gramm.
20 CC. SO_3 erforderten nach der Verbrennung	14,5 CC. Natronlauge.
Durch die Verbrennung wurden neutralisirt	5,85 CC. Schwefelsäure.
0,1620 Gramm trockener tetanisirter Muskel enthalten demnach	0,0231 Gramm N.
100 Gramm trockener tetanisirter Muskel	**14,32** ,, ,,
,, ,, feuchter ,, ,,	**2,274** ,, ,,

Der ruhende Muskel enthielt N. = 14,41 %
Der tetanisirte ,, ,, ,, = 14,32 %
Differenz . . . . = 0,09 %
Die Genauigkeit der Stickstoffbestimmungen ist jedoch nur . . . . 0,1 %

Es fällt demnach der Unterschied in dem Stickstoffgehalt beider trockener Muskeln in die Fehlergrenze des Versuchs:

Die Trockensubstanz des ruhenden und des tetanisirten Muskels scheint im Stickstoffgehalt nicht verschieden. Besprechen wir, ehe wir weitere Consequenzen aus diesem Resultate ziehen, vorerst noch den folgenden Versuch.

Versuch Nr. II.

1. Wasserbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

Gewicht des feuchten Muskels	1,4080 Gramm.
,, ,, trockenen ,, ...	0,2555 ,,
Procentgehalt an festen Stoffen	18,1 %
,, ,, Wasser	81,9 %

b) Tetanisirter Muskel.

Gewicht des feuchten Muskels	1,3045 Gramm.
,, ,, trockenen ,, ...	0,2170 ,,
Procentgehalt an festen Stoffen	16,6 %
,, ,, Wasser	83,4 %
Die Abnahme des Muskels durch den Tetanus beträgt danach an festen Stoffen	**1,5** %

2. Stickstoffbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches	0,2555 Gramm.
20 CC. SO_3 neutralisirten nach der Verbrennung .	11,4 CC. Natronlauge.
Durch die Verbrennung wurden neutralisirt . .	8,9 CC. Schwefelsäure.
0,2555 Gramm trockener ruhender Muskel enthalten demnach	0,0368 Gramm N.
100 Gramm trockener ruhender Muskel	**14,41** ,, ,,
,, ,, feuchter ,, ,, ...	**2,552** ,, ,,

b) Tetanisirter Muskel.

Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches	0,2170 Gramm.
20 CC. SO_3 neutralisirten nach der Verbrennung .	12,7 CC. Natronlauge.
Durch die Verbrennung wurden neutralisirt . .	7,6 CC. Schwefelsäure.
0,217 Gramm trockenen Fleisches enthalten . .	0,0315 Gramm N.
100 Gramm trockener tetanisirter Muskel . . .	**14,46** ,, ,,
,, ,, feuchter ,, ,, . . .	**2,400** ,, ,,

Stellen wir die gewonnenen Zahlen zusammen so ergiebt sich für diesen Versuch:

Der ruhende Muskel enthält Stickstoff	=	14,41 %
,, tetanisirte ,, ,, ,,	=	14,46 %
Differenz	=	0,05 %

Die Differenz fällt demnach wie die der vorstehenden Bestimmung in das Gebiet der Fehlergrenzen der Stickstoffbestimmung.

Das Resultat ist demnach in diesem wie in dem vorigen Versuch:

Die Trockensubstanz des ruhenden und tetanisirten Muskels ist im Stickstoffgehalt nicht verschieden. Der Stickstoffgehalt beträgt im Mittel: **14,4** %.

Die Vermehrung des Zuckers im Muskel hat wohl darum keinen Einfluss auf das Resultat der Stickstoffbestimmung, weil das Kreatin gleichzeitig im Muskel vermehrt ist und, höchst wahrscheinlich in einem analogen Verhältniss wie der Zucker, sodass Zucker + Kreatin im Muskel fast die gleiche Zusammensetzung haben wie Eiweiss.

Das Resultat der vorstehenden Untersuchung muss mit Beziehung auf den verschiedenen Gehalt der beiden Muskeln an festen Stoffen so formulirt werden:

Der Tetanus des Muskels ist mit einem bedeutenden Verlust des Muskels an stickstoffhaltigen Stoffen verbunden.

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass vor Allem das Eiweiss des Muskels als der gelöste, am leichtesten der Zersetzung anheimfallende Stoff von dieser Abnahme betroffen werde.

Es ist darum wohl gerechtfertigt, den gesammten Stickstoffverlust, einer schematischen Uebersicht wegen, auf Eiweiss zu berechnen. Nehmen wir den Eiweissstickstoffgehalt = 15,5 % an, so berechnet sich der Verlust der Muskeln durch den Tetanus aus den beiden vorstehenden Versuchen:

I.	Verlust des Muskels durch den Tetanus an Gesammtstoff	1,6%
	Verlust an Eiweiss	1,4%
	Differenz	0,2%
II.	Verlust des Muskels an Gesammtstoff	1,5%
	Verlust an Eiweiss	1,3%
	Differenz	0,2%

Die gefundene Differenz spricht wohl dafür, dass der Muskel nach dem Tetanus absolut wasserreicher ist als vor demselben.

§ 3.

Directe Bestimmung der Menge der Eiweissstoffe.

Es stehen zur Entscheidung der Frage, ob der Tetanus im Muskel mit einer Verminderung der Eiweissstoffe im Muskel verbunden sei, ausser der Stickstoffbestimmung noch zwei weitere directe Wege offen.

Der erste ist die Bestimmung des Gehaltes des Muskels vor und nach dem Tetanus an löslichem Eiweiss.

Der zweite, die Bestimmung aller Eiweissstoffe (mit dem elastischen Gewebe) mit Ausnahme des Leimes.

Beide Wege wurden von mir betreten. Es sollen zuerst die auf dem ersteren gewonnenen Resultate zusammengestellt werden.

Die Bestimmung des in Wasser löslichen Eiweisses hat in dem Versuchsplan selbst gar keine Schwierigkeit. Es genügt dazu, einen wässerigen Auszug des Muskels in analoger Weise aus frischen Muskeln zu machen, wie er in den Untersuchungen der vorausgehenden Capitel aus gekochten Muskeln gemacht wurde.

Zu diesem Zwecke wurde der frische Muskel wie bei der Bestimmung der Fleischmilchsäure im fünften Capitel mit neutralem Quarzsand zerrieben und ein wässeriger Auszug gemacht, ganz in der Weise, wie es bei der Bestimmung der Gesammtmenge der Extracte etc. angegeben wurde. Nur durfte hier die Mischung nicht so lange Zeit wie dort stehen, da die Gefahr des Verlustes an Eiweiss durch die fortschreitende Säurebildung dadurch zu gross geworden sein würde.

Die Mischung stand aus diesem Grunde nur 5 Stunden. Nach dieser Zeit wurde sie filtrirt und eine bestimmte Menge des Filtrates — 50 CC. — tropfenweise in eine kochende mit etwas Essigsäure angesäuerte Wassermenge — 100 CC. — eingetragen. Das coagulirte Eiweiss sodann auf einem gewogenen Filter gesammelt und zuerst mit heissem Wasser, dann mit heissem Alkohol ausgewaschen.

Ich gehe nach diesen Vorbesprechungen sogleich zur Darlegung der Versuche selbst über.

Vergleichende Bestimmungen der **in Wasser löslichen Eiweissmengen** im frischen ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des ruhenden Muskels	7,176	Gramm.
Er enthält an Wasser	5,7	,,
Dazu wurden noch 94,3 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtmenge des Wassers in der Mischung betrug	100 CC.	
Davon wurden coagulirt	50 CC.	
In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss	0,0919	Gramm.
In 7,176 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten an Eiweiss	0,1838	,,
In 100 Gramm ruhendem Muskel	**2,56**	,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des tetanisirten Muskels	8,1675	,,
Diese enthalten an Wasser	6,5	,,
Dazu wurden noch 93,5 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug	100 CC.	
Davon wurden coagulirt	50 ,,	
In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss	0,0946	,,
In 8,1675 Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten an Eiweiss	0,1892	,,
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel . .	**2,30**	,,

Im ruhenden Muskel sind enthalten an Eiweiss	2,56 %
,, tetanisirten ,, ,, ,, ,, ,,	2,30 %
Differenz	**0,26%**

Der tetanisirte Muskel enthält um 0,26 % an Eiweiss weniger als der geruhte. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels wurde in diesem Falle um **11,3** % durch den Tetanus vermindert.

Versuch Nr. II.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des ruhenden Muskels	7,48	Gramm.
Diese enthalten an Wasser	5,98	,,

Dazu wurden noch 94 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug	100 CC.
Davon wurden coagulirt	50 ,,
50 CC. Fleischflüssigkeit enthielten an Eiweiss .	0,0921 Gramm.
7,48 Grm. ruhender Muskel enthielten an Eiweiss	0,1842 ,,
100 Gramm ruhender Muskel	**2,46** ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewieht des tetanisirten Muskels	8,9186 Gramm.
Diese enthalten an Wasser	7,0 ,,
Dazu wurden noeh 93 CC. Wasser zugesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug	100 CC.
Davon wurden coagulirt	50 ,,
In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss	0,0855 ,,
In 8,9186 Gramm tetanisirten Muskel waren enthalten an Eiweiss	0,171 ,,
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel . .	**2,06** ,,

Im ruhenden Muskel sind enthalten an Eiweiss	2,46 %
Im tetanisirten Muskel	2,06 %
Differenz	**0,40** %

Der tetanisirte Muskel enthält 0,4 % an Eiweiss weniger als der geruhte. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels wurde in diesem Falle durch den Tetanus um **19,4** % vermindert.

Das Versuchsergebniss beider Bestimmungen der Mengen des in Wasser löslichen Eiweisses ist demnach eine nicht unbeträchtliche Verminderung dieses Stoffes durch den Tetanus. —

Ob diese Verminderung auf einem Verschwinden oder nur auf einem Unlöslichwerden des Eiweisses beruht, entscheiden diese Versuche nicht.

Eine Entscheidung dieser Frage bietet aber die weitere Versuchsmethode einer directen Mengenbestimmung aller Eiweissstoffe des Muskels mit Ausschluss des leimgebenden Gewebes dar.

Dieser Versuch stellt sich zur Aufgabe, durch fortgesetztes Aufkochen mit immer erneuerten Portionen Wassers alles leimgebende Gewebe des Muskels in Leim zu verwandeln, aufzulösen und durch fortdauerndes Auswaschen des bleibenden Fleischrückstandes diesen sowohl vom Leime als von den Extractivstoffen zu befreien. Schliesslich wurde

der Rückstand noch mit siedendem Alkohol so lange ausgewaschen, bis die letzte Spur des Löslichen entfernt war. Der Rückstand wurde als »Gesammtmenge der Eiweissstoffe des Muskels« getrocknet und gewogen.

Durch die Auflösung des Leimes bekommt die auf diese Weise hergestellte Fleischflüssigkeit die Eigenschaft, sich nicht durch Papier filtriren zu lassen. Ich musste darum zu einer anderen Filtrirmethode greifen, und ich kann die von mir angewendete zu ähnlichem Gebrauche empfehlen.

Nicht zu grobes, durch Sieben von dem feinen Staube befreites und sauber gewaschenes Glaspulver wurde getrocknet und gewogen auf einen kleinen Trichter gebracht, sodass dieser bis zur Hälfte damit angefüllt war. Das Durchfallen der kleinen Glasstückchen durch den Trichterhals war dadurch verhindert, dass in diesen eine feine Platinspirale, die nicht mitgewogen wurde, eingesetzt war, welche so fein gerollt wurde, dass sie keines der Glasstückchen durchliess. Durch dieses Glasfilter filtrirt die Fleischflüssigkeit — wenn die Glasstückchen klein genug gewählt sind — fast ebenso rein wie durch Papier. Die Flüssigkeit opalescirt etwas mehr, da etwas mehr Fett schon in den Wasserauszug übergeht.

Nach vollständigem Auswaschen mit siedendem Wasser und Alkohol wurde der Fleischrückstand mit dem Glaspulver in dieselben Glasschalen gespült, in welchen die Extracte — s. viertes Capitel — getrocknet wurden, und darin zuerst bei 100°, dann unter der Luftpumpe getrocknet. Die Masse war dann äusserst spröde und sehr leicht zerreiblich.

Es ist selbstverständlich, dass in vergleichenden Versuchen stets vollkommen gleiche Zeiten des Digerirens und Kochens, sowie gleiche Wasser- und Alkoholmengen angewendet wurden.

Ich gehe sogleich zur Besprechung der Versuche selbst über.

Vergleichende Bestimmungen der **Gesammtmenge der Eiweissstoffe** im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

Ein Frosch verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des ruhenden Muskels	3,0086 Gramm.
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe .	0,4053 ,,

In **100** Gramm ruhendem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . **13,4** Gramm.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des tetanisirten Muskels . . . . . . 3,7570 Gramm.
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,4803 ,,
In **100** Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . **12,7** ,,

Der ruhende Muskel enthält an Eiweissstoffen = 13,4 %
,, tetanisirte ,, ,, ,, ,, = 12,7 %
Differenz . . . . = 0,7 %

Der tetanisirte Muskel enthält in diesem Falle um 0,7 % des feuchten Muskels weniger Eiweissstoffe als der ruhende. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels hat um **5,5** % durch den Tetanus abgenommen.

Versuch Nr. II.

Ein Frosch verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des ruhenden Muskels . . . . 3,0502 Gramm.
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,4595 ,,
In **100** Gramm ruhendem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . **15,1** ,,

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des tetanisirten Muskels . . . . . . 3,5943 ,,
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,5336 ,,
In **100** Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . **14,8** ,,

Der ruhende Muskel enthält an Eiweissstoffen = 15,1 %
,, tetanisirte ,, ,, ,, ,, = 14,8 %
Differenz . . . . = 0,3 %

Der tetanisirte Muskel enthält in diesem Falle um 0,3 % des feuchten Muskels weniger Eiweiss als der ruhende. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels hat um **2** % abgenommen.

Diese Versuche bestätigen das durch die Stickstoffbestimmungen schon gewonnene Resultat, dass der Tetanus mit einer Abnahme der Eiweissstoffe des Muskels verbunden ist.

§ 4.

Schlussbetrachtungen des ersten Abschnitts und Resultate des vorliegenden Capitels.

Die Versuche ergaben einen Verlust an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus. Was heisst das? Kann dieser Verlust, abgesehen von einer Volumszunahme, wie wir sie in § 1 dieses Capitels besprochen haben, nur von einer Zersetzung der Eiweissstoffe herrühren, oder könnte man dabei nicht auch an eine Abfuhr des Eiweisses in Substanz denken? Es ist klar, dass dieser letztere Gedanke unsere Anschauungen über den physiologischen Werth des beobachteten Verlustes sehr bedeutend modificiren müsste.

Es sind Angaben von E. Harless, welchen ich diesen weit hergeholten Einwand entnehme.

Er sagt[1]), nachdem davon gesprochen wurde, dass Muskeln sehr rasch ermüden, wenn Gewichte an sie gehängt werden, auch wenn sie sonst nicht gereizt und zur Verkürzung getrieben worden:

»Gerade nun diese Thatsache war es, welche mich auf den rechten (?) Weg leitete. Ich wusste jetzt, dass ich mich an die Speisung der Maschine, an den Muskelsaft mit seinem Eiweiss zu halten habe. Ich wusste weiter, dass es nicht auf die absolute Menge desselben allein ankommen könne, ob ein Muskel schnell oder langsam ermüde, sich vollkommen oder unvollkommen erhole. Es kann also nicht gleichgiltig sein, wo sich die für die Erregbarkeit wichtige Flüssigkeit befindet. Ich musste aber erfahren, ob sie überhaupt ihren Ort ändert. Und diese Frage muss bejaht werden. Nicht blos quillt sie sichtbar bei Zug und Druck, sowie bei heftigen Contractionen aus der Oberfläche des unverschrten Muskels hervor, es geben auch im Wasser tetanisirte Muskeln bei vollkommen geschlossenen Blutgefässen (sic!) fast noch einmal so viel Bestandtheile an das Wasser ab als ruhende in der gleichen Zeit, und darunter ist gerade das Eiweiss ein sehr beträchtlicher Bruchtheil. Aber es geht auch während der Erholung diese Flüssigkeit wieder theilweise zurück, so lange sie keine wesentlichen Veränderungen (Gerinnungen u. s. w.) erlitten hat; oder wenn die Gewebe nicht durch ihre Veränderung die Diffusion rückwärts abschneiden . . . . .

---

1) Aerztliches Intelligenzblatt. 1861. Nr. 1. pag. 2.

»Die eiweisshaltige Materie kann also wandern; und wandert nach aussen bei jeder Formveränderung, sie mag durch Contraction oder mechanische äussere Mittel herbeigeführt sein, und sie wandert nach innen, wenn die Ruhe oder die alte Form wieder gewonnen ist . . . .«

Man sieht, dass der oben gemachte Einwurf, so weit hergeholt erscheinen mag, wirklich gemacht wurde.

Das, was Harless angiebt, beruht, wie ich glaube, auf folgender wohl ziemlich allgemein gemachten Beobachtung.

Lassen wir einen Muskel entweder durch Einwirkung einer höheren Temperatur oder durch Einwirkung der Zeit allein todtenstarr werden, und zwar in der Weise, dass wir seine Endpuncte fixiren, sodass er keine Gestaltsveränderung vornehmen kann, so beschlägt er sich äusserlich mit einer nicht unbedeutenden Masse von Flüssigkeit, welche sich bei näherer Betrachtung als Muskelflüssigkeit zu erkennen giebt; der Muskel presst unter den genannten Umständen Flüssigkeit aus sich heraus.

Es ist freilich nicht zu verstehen, wie man diesen Vorgang in Zusammenhang mit der normalen Muskelaction bringen kann, aber es sei wie immer es wolle, wir müssen sehen, ob wir ein solches Verhältniss mit unseren bisherigen Erfahrungen vereinigen können.

Die Angabe, dass im Wasser tetanisirte Muskeln mehr Stoffe an dasselbe abgeben als geruhte, gehört hingegen offenbar nicht zur Frage, es ist dies ein specieller Fall des im dritten Capitel dieser Untersuchung beschriebenen Vorganges der Steigerung der Imbibitionsgrösse des Muskels in Folge des Tetanus, der selbstverständlich nichts weiter ist, als ein recht schönes Beispiel der dort gegebenen Auseinandersetzung.

Schon auf eine oberflächliche Betrachtung hin aber müssen wir und Alle erkennen, dass der von Harless hypothetisch angenommene Vorgang des Auspressens von Muskelflüssigkeit aus dem Muskelinnern bei dem Tetanus ein von unseren Beobachtungen principiell verschiedenes Resultat liefern müsste.

Es ist klar, dass wenn aus dem Muskel activ Muskelflüssigkeit ausgepresst würde bei der Muskelaction, der Muskel dadurch unmöglich wasserreicher werden könnte. Im Gegentheile würden wir den Muskel um ebensoviel an Wasser ärmer finden müssen als der Verlust an wässeriger Flüssigkeit durch dieses Auspressen beträgt. Die Annahme von E. Harless, die uns schon von vorneherein als unwahr-

scheinlich erschien, fällt dadurch vollkommen in sich zusammen, und der Einwurf, der aus ihr gegen unsere Ansicht über den Modus des Verlustes an Substanz durch die Action im Muskel sich erhob, darf als zurückgewiesen angesehen werden.

Würde sich die Verminderung an Stoff im Muskel durch den Tetanus aus dem eben besprochenen Vorgang erklären lassen, so müssten wir annehmen, dass aus dem Muskelinnern durch die Contraction nicht nur Salze, sondern auch Albumin in Substanz ausgepresst werde, da der bei der Todtenstarre aus dem Muskel ausgepresste Saft so albuminreich sich zeigt, dass er, in siedendes Wasser getropft, gerinnt. Der Verlust an Eiweiss durch den Tetanus würde dann durchaus nichts mit der Kraft- oder Wärmeerzeugung im tetanisirten Muskel zu thun haben, im Gegentheil müsste ein solches Auspressen eine nicht unbedeutende Kraft aus irgend einer dann vollkommen geheimnissvollen Kraftquelle für sich in Anspruch nehmen.

Ich hielt es für Pflicht, auch auf diesen fernliegenden Einwand einzugehen, da er so entschieden sich der von mir bisher vertretenen Anschauung widersetzt. Der Verlust des Muskels an Stoffen durch die Bewegung ist jedoch sicher nicht eine einfache Abfuhr der primären Muskelstoffe — Albuminate — in Substanz, sondern beruht auf einer wirklich statthabenden Zersetzung derselben wohl durch Oxydation; die Oxydationsproducte erst werden, indem sie den Gesetzen der Diffusion unterliegen, aus dem Muskel in die umgebenden Flüssigkeiten abgeführt.

Alle bisher mitgetheilten Beobachtungen: Vermehrung des Wassergehaltes und der primären Zersetzungsproducte, Verminderung der secundären etc. sprechen für diesen Satz.

Wir haben somit, wie ich glaube, den Einwand gegen unsere durch das Experiment gestützte Behauptung: dass der Verlust an Eiweissstoffen im Muskel durch den Tetanus auf eine Zersetzung dieser Stoffe in der Hauptsache beruht, zurückgewiesen. —

Nehmen wir diesen Satz als gesichert an, so können wir kaum umhin, die Frage noch zum Schlusse aufzuwerfen, wie wir uns diesen Zersetzungsmodus zu denken haben.

Einige Anhaltspuncte geben uns die im Muskel in Folge des Tetanus angehäuft gefundenen primären Zersetzungsproducte der Muskel-

substanz. Ich meine das Kreatin beziehungsweise Kreatinin und den Zucker und das Fett.

Sehen wir von dem letzteren in seiner chemischen Zusammensetzung unbekannten Körper ab, so bleiben als Hauptzersetzungsproducte der Muskelsubstanz erstens das sehr stickstoffreiche Kreatin, zweitens der stickstofffreie Körper: Zucker.

Die Milchsäure und Kohlensäure dürfen wir gewiss als die Producte der weiteren Veränderung des Zuckers, letztere wenigstens zum grössten Theile, betrachten.

Es ist eine vielgemachte Annahme, dass die Spaltung des Eiweisses primär einen Körper, der die gesammte Stickstoffmenge des Eiweisses enthält — Kreatin oder Harnstoff — und auf der anderen Seite einen stickstofffreien Körper — Zucker oder Fett — liefere. Halten wir uns an diese Annahme, um uns ein schematisches Bild der Spaltung zu machen, ich sage ein Bild, da ich natürlich nicht behaupten will, dass die genannten Stoffe die einzigen primären Spaltungsproducte der Muskelsubstanz seien, wie wir sie der Uebersichtlichkeit wegen vorläufig annehmen wollen.

Legen wir, da die rationelle Formel des Eiweisses nicht bekannt ist, seine procentische Zusammensetzung unserer Betrachtung zu Grunde und thuen dies auch mit den übrigen in Rechnung kommenden Stoffen, um die nöthige Uebereinstimmung in dem Ansatze zu erhalten, so bekommen wir folgendes Schema für die Zerspaltung des Eiweisses im Muskel während des Tetanus:

Schema der Eiweisszersetzung während des Muskeltetanus.

	C	H	N	O
+ 200 Albumin . . .	107	14	31	44
— 100 Kreatin . . .	36	6,9	32	24
— 100 Krümelzucker .	40	6,6	0	53
Kohlensäure . .	31	0	0	82
Wasser	0	0,5	0	4,5

Die Zersetzung des Albumins ist nach dem vorstehenden Schema kein einfacher Zerfall in Kreatin und Zucker; wir sehen, dass der Sauerstoffgehalt des Albumins nicht einmal ausreichen würde, um den entstehenden Zucker mit Sauerstoff zu versehen.

Es scheint, dass die Bildung des Kreatins und des Zuckers ihren Grund habe in einer Oxydation des Eiweisses; sie scheinen als Oxydationsproducte neben Kohlensäure und Wasser zu entstehen.

Ganz zu den gleichen Resultaten gelangen wir, wenn wir anstatt Kreatin Harnstoff in die Rechnung einführen. Anders freilich würde sich das Resultat gestalten, wenn anstatt Zucker Fett in die Formel eingeführt würde. Ich will angesichts dieser Einschränkung die Möglichkeit, dass das Zerfallen des Eiweisses vielleicht nur auf einer Spaltung mit Aufnahme der Elemente des Wassers beruhen könne, nicht ganz von der Hand weisen. Gewiss müssen auch bei einem derartigen Vorgang Spannkräfte frei werden.

Damit beschliessen wir den ersten Abschnitt der vorliegenden Untersuchung und fassen nun auch zum Schlusse dieses Capitels die Versuchsergebnisse desselben zusammen.

§ 5.

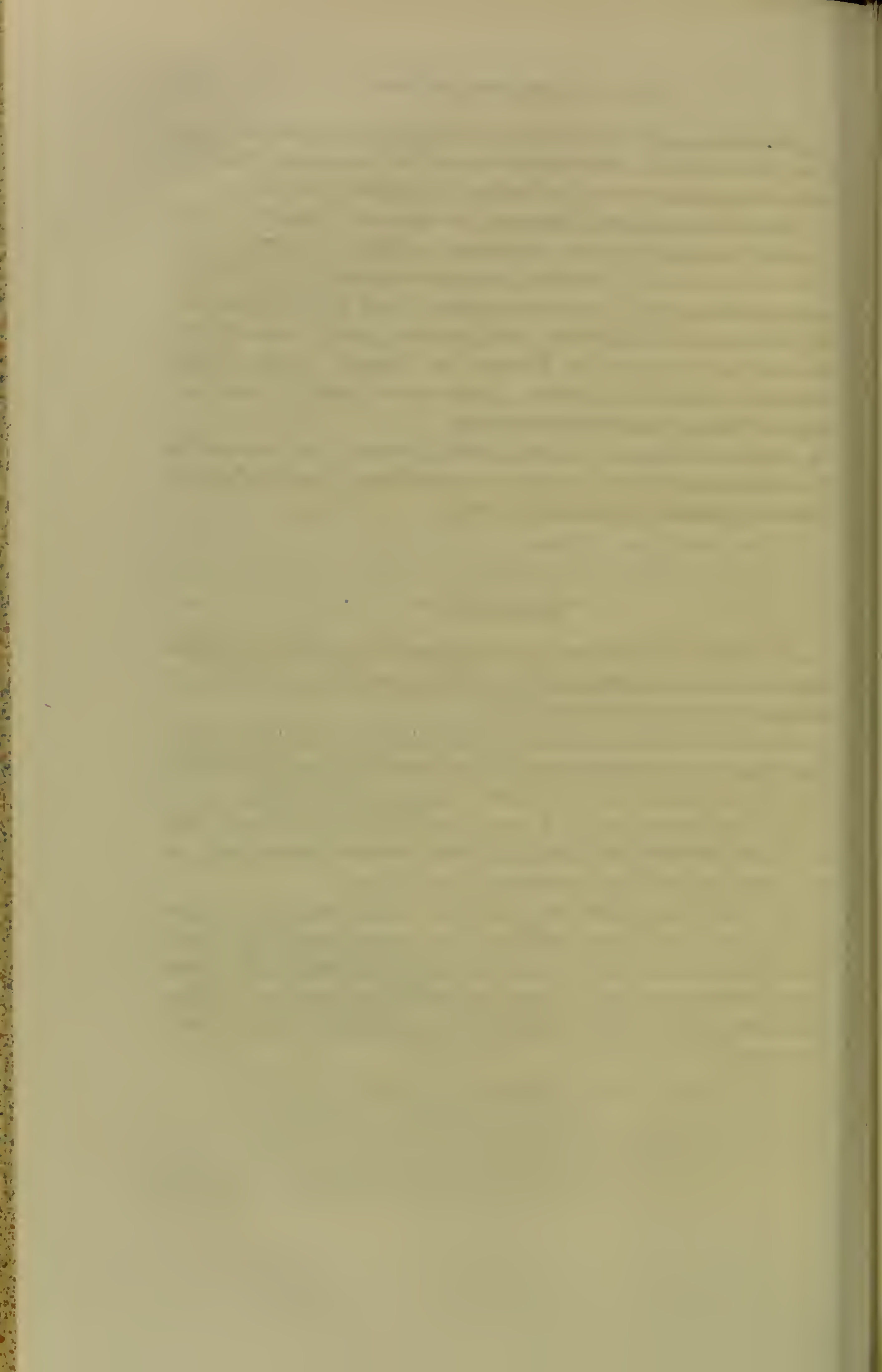
Resultate.

1. Die Trockensubstanzen des ruhenden und tetanisirten Muskels zeigen keine nachweisbaren Unterschiede in ihrem Stickstoffgehalt; er beträgt im Mittel: 14,4 %.

Aus der Vermehrung des Muskelwassergehaltes bei dem Tetanus berechnet sich danach ein Verlust an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus um: 1,35 %.

2. Die Menge des in Wasser löslichen Eiweisses wird durch den Tetanus um 0,3 — 0,4 % des feuchten Muskels und um 11 — 19 % der löslichen Eiweissmasse vermindert.

3. Die Gesammteiweissmenge des Muskels nimmt auch nach den directen Bestimmungen derselben durch den Tetanus ab; und zwar ergaben die Versuche für die Grösse dieser Abnahme einmal 0,3 %, das andere Mal 0,7 % auf den feuchten Muskel berechnet; auf die Gesammteiweissmenge des ruhenden Muskels berechnet: 2 — 5,5 %.



ZWEITER ABSCHNITT.

Der Einfluss des Tetanus auf den Gesammtstoffverbrauch des Organismus.



Zehntes Capitel.

Einige Beziehungen des Blutes zur Muskelarbeit.

§ 1.

Bedarf der Muskel Blut zum Zustandekommen der Contraction?

J. R. Mayer in Heilbronn a. N. sagt in seiner berühmten Schrift »Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel« pag. 54:

»Der Muskel ist nur das Werkzeug mittelst dessen die Umwandlung der Kraft erzielt wird, aber nicht der zur Hervorbringung der Leistung umgesetzte Stoff.«

Es ist keine Frage, dass die Ansicht Mayer's, obwohl sie, wie es scheint, noch immer ihre Anhänger zählt, durch eine grosse Anzahl physiologischer Beobachtungen schon widerlegt ist; die einfache Ueberlegung, dass der ausgeschnittene Muskel überhaupt noch zuckt und Arbeit leistet, weist schon mit ziemlicher Sicherheit die Annahme Mayer's zurück.

Aber freilich könnte man gegen diese Experimente noch einwenden und mit einigem Scheine des Rechtes, dass sie darum nicht beweiskräftig seien, weil stets in dem ausgeschnittenen Muskel noch etwas Blut enthalten ist. Diese geringe rückständige Blutmenge könnte man für den Grund der fortdauernden Bewegungsfähigkeit des Muskels erklären.

Die Frage lässt sich jedoch leicht entscheiden und es wurden von mir einige Versuche angestellt, welche sich unbedingt für den Muskel selbst als den Ort der Krafterzeugung aussprechen.

Einige Versuche über diesen Gegenstand sollen hier mitgetheilt werden.

Der Versuchsplan, den ich mir machte, war folgender.

Zuerst sollte der Muskel im Vollbesitze seines Blutes, bei Fortbestand seiner normalen Circulationsverhältnisse auf seine Contractionsfähigkeit untersucht werden; sodann nach vollständiger Entfernung von allem Blute aus dem Muskel von neuem.

Die Frage ist also: nimmt durch die Entfernung des Blutes die Contractionsfähigkeit des Muskels ab, oder wird sie vielleicht ganz dadurch vernichtet oder nicht?

Es ist klar, dass mit dem Beweise der letzten Alternative, die Unabhängigkeit der Muskelcontraction von der Anwesenheit des Blutes nachgewiesen sein würde.

Wenden wir uns sogleich zur Besprechung der einzelnen Versuche selbst, sie wurden an Fröschen angestellt.

Der Frosch wurde zum Zwecke des Versuches auf ein gut lackirtes Bretchen, das quer über die Mitte herüber eine eingesenkte Glasrinne trug, welche zur Ableitung der in Anwendung kommenden Flüssigkeiten und zu ihrer Abhaltung von der sogleich zu beschreibenden unteren Elektrode diente, so befestigt, dass die Froscharme oben durch Kautschukbänder gehalten wurden; ebenso waren auch die Füsse an einen blanken Zinkblechstreifen, der als untere Elektrode diente, und an welchem zu diesem Zwecke ein umsponnener Kupferdraht angelöthet war, durch Kautschukbänder angedrückt. Der Frosch ist in dieser Stellung fest fixirt und kann sich nicht aus der Lage, die ihm ertheilt wurde, befreien. Er wurde stets mit dem Bauche nach oben befestigt.

Die zweite Elektrode bestand in einem passend gekrümmten Kupferhaken, der durch das Maul eingestochen wurde. Ein Draht führte von dieser Elektrode wie von der erst beschriebenen zu einem du Bois'schen Schlüssel zum Tetanisiren. Von hier aus waren sie mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates verbunden. Die primäre Rolle stand mit einem kleinen Daniell'schen Elemente in Verbindung.

Auf diese Weise war es leicht, den Frosch zu einer beliebigen Zeit zu tetanisiren.

Zur Messung der Zuckungsgrösse vor und nach dem Entfernen alles Blutes wendete ich einen kleinen, einfachen Zeigerapparat an, den ich in der Folge »Muskelzeiger« benennen will; er stellte nur

eine für meine Zwecke getroffene Abänderung des du Bois-Reymond'schen Muskeltelegraphen[1]) dar.

Ein langer Zeiger, der in einem sehr leicht beweglichen Axenlager spielte, war senkrecht aufgestellt. Vier Linien über seinem Drehpuncte war an demselben durch einen in derselben Höhe über eine Glasrolle laufenden Faden ein Gewicht — 10 Grammen — angebracht, welches den Zeiger, der in seiner Mitte an eine Hemmung anschlug, in der verticalen Stellung erhielt und einen entsprechenden Zug ausübte. Von derselben Stelle aus, an welcher das Gewicht befestigt war, ging wieder ein Faden, der an seinem Ende einen feinen Metallhaken trug, welcher dazu diente, in die Achillessehne des auf seine Kraft zu prüfenden Gastrocnemius, die durch einen kleinen Hautschnitt aus dem sonst unverletzten Schenkel hervorgezogen wurde, eingestochen zu werden. Der Zeiger des Apparates spielte vor einem in Grade und halbe Grade getheilten Quadranten, sodass die Bewegungen des Zeigers, die dieser auf einen Zug an dem letztbesprochenen Faden ausführte, in Graden abgelesen werden konnte. Das an dem Zeiger befestigte Gewicht zog nach einer vorausgegangenen Bewegung denselben an die Hemmung in die verticale Richtung zurück. Um den Zug an dem Zeiger in einer Richtung, die mit der Stellung des Zeigers einen rechten Winkel bildete, ausüben zu können, war es nöthig dem zu beobachtenden Frosche resp. dem Versuchsbrete eine entsprechende Stellung geben zu können durch passende Vorrichtungen zum Heben und Senken. Um die Einwirkungen der Elasticitätsveränderungen des Muskels auszuschliessen, wurde ein jeder Einzelversuch unter der Vorsichtsmaassregel angestellt, dass der Zeiger durch feines Verrücken des Apparates und dadurch erzieltes Spannen des Zugfadens soweit von der schon erwähnten Hemmung abgehoben wurde, dass er gerade auf 0° einstand. Der Abstand zwischen der Hemmung und der Beobachtungsstellung des Zeigers betrug eine halbe Linie.

Bei Anstellung eines Versuches wurde der Frosch mit dem Rücken nach unten auf das Zuleitungsbret befestigt, der eine Schenkel, an dem die Achillessehne blossgelegt war, so gedreht, dass der Gastrocnemius nach aufwärts sah. Der Zughaken wurde in die Achillessehne eingestossen, das Zuleitungsbret durch Verstellen in der Verticalen in die

1) Vorrichtungen und Versuchsweisen etc. S. 141.

Lage gebracht, dass der Zugfaden senkrecht auf den Zeiger wirkte. Der Zugfaden wurde durch Verschieben des Apparates so weit gespannt, dass der Zeiger von der Hemmung abgehoben wurde und auf 0° einstand.

Leitete man nun die erregenden Ströme dem Frosche zu, so mussten die Contractionen des Gastrocnemius den Zeiger abheben, seine Excursionen konnten an dem Zeiger abgelesen werden. War die Zuckung vorüber, so sank der Zeiger in die Ruhelage zurück, durch ein leichtes Verschieben des Muskelzeigers konnte dem Zugfaden die anfängliche Spannung wieder ertheilt werden und ein neuer Versuch konnte beginnen.

Um das Blut aus dem Muskel zu entfernen und so von der Concurrenz an dem Zustandekommen der Zuckung vollkommen auszuschliessen, wurde eine Spritze in die blossgelegte Aorta des Versuchsfrosches eingebunden und nachdem eine Gegenöffnung an der Herzkammer gemacht war, eine Kochsalzlösung von 0,5 % — 0,7 % eingespritzt und auf diese Weise alles Blut aus dem Organismus ausgewaschen. Das Auswaschen war beendigt, wenn kein Blutfarbestoff mehr der aus dem Herzen ausströmenden Flüssigkeit beigemischt erschien. Die Organe waren danach stets sehr blass, die Muskeln gelblich weiss.

Einige Versuchsbeispiele werden die beobachteten Verhältnisse klar machen.

Tabelle.

Zuckungsgrösse blutfreier und bluthaltiger Muskeln verglichen.

Versuchs-Nummer.	Stellung der Rollen des Magnetelektromotors. M. M.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers.	Bemerkungen.
1.	40	Das Thier frisch, die Spritze eingebunden.	40°	Das Thier war mit Curare vergiftet.
	,,	Salzlösung eingespritzt.	40°	
2.	40	frisch und bluthaltig	45°	Curarefrosch.
	,,	blutleer	50°	

Versuchs-Nummer.	Stellung der Rollen des Magnetelektromotors. M. M.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers.	Bemerkungen.
3.	40	bluthaltig	45°	Curarefrosch.
	,,	,,	50°	
	,,	blutleer	45°	
	,,	,,	47°	
	,,	,,	48°	
4.	40	bluthaltig	45°	Curarefrosch.
	,,	blutleer	44°	
5.	40	bluthaltig	50°	Curarefrosch.
	,,	blutleer	49°	
	,,	,,	47°	
6.	40	bluthaltig	46°	Curarefrosch.
	,,	blutleer	46°	
7.	40	bluthaltig	29°	Curarefrosch.
	,,	blutleer	30°	
8.	40	bluthaltig	75°	unvergifteter Frosch.
	,,	blutleer	75°	
9.	40	bluthaltig	43°	unvergifteter Frosch.
	,,	blutleer	43°	
10.	40	bluthaltig	30°	unvergifteter Frosch.
	,,	blutleer	30°	

Das Resultat der Versuche ist sehr in die Augen springend:

Die Zuckungsgrösse des geruhten Muskels ändert sich durch das vollkommene Entfernen des Blutes aus demselben nicht.

(Wir werden später sehen, dass sich dies Verhältniss für den tetanisirten Muskel anders stellen wird.)

Es zeigen sich nur Schwankungen in kleinen Grenzen und zwar fast immer nach aufwärts.

Das Resultat lehrt uns, dass wir im Muskel nicht allein den Uebertragungsmechanismus der durch die organischen Vorgänge erzeugten Kraft besitzen, sondern, dass der Muskel in sich selbst die Kraft erzeugt, die er nach aussen wirksam werden lässt. Er enthält in sich

alle Bedingungen zur Krafterzeugung. Da wir die Krafterzeugung in einer momentan gesteigerten Oxydation der Muskelstoffe zu suchen haben, so muss der Muskel selbst die Bedingungen der Oxydation: Fähigkeit zur Ueberführung des Sauerstoffs in die active Form, wie sie das Blut besitzt, in sich enthalten. Die Steigerung der Oxydation des Muskels bei dem Tetanus ist unabhängig von dem Blute.

Wir werden an einer späteren Stelle auf diese Behauptung zurückkommen und sie in ihrem eigentlichen Grunde experimentell zu erklären suchen.

§ 2.

Einfluss des Blutgehaltes des Muskels auf die Dauer der Leistungsfähigkeit desselben.

In dem vorigen Paragraphen haben wir erwiesen, dass der Muskel in Beziehung auf seine Krafterzeugung vom Blute unabhängig ist, dass er alle dazu erforderlichen Momente in sich selbst vereinigt.

Aber was nennen wir denn Muskel?

In dem letzten Paragraphen haben wir den Muskel in einen principiellen Gegensatz zum Blute gesetzt. Ein solcher principieller Unterschied existirt aber in Wahrheit sicherlich nicht. Wir wissen, dass die wahrnehmbaren Stoffveränderungen im Muskeltetanus nicht sowohl an den festen, stabilen Organtheilen, sondern an der Muskelflüssigkeit zur Erscheinung kommen. Diese Muskelflüssigkeit steht nicht in einem Gegensatze zu den Flüssigkeiten des Organismus überhaupt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass innerhalb der Organe, innerhalb ihrer morphologisch stabilen Hüllentheile ein beständiger Wechsel und Austausch der Flüssigkeiten stattfinden müsse, dass im ununterbrochenen Strome die Gesammtmenge der Körperflüssigkeit den Organismus durchfliesst. In jedem einzelnen Organe werden zwar die Eigenschaften der Gesammtflüssigkeit in bestimmtem Sinne durch eigenthümliche Diffusions- und Oxydationsbedingungen etwas modificirt, aber trotzdem besteht in dem Sinne eine allgemeine Zusammengehörigkeit aller Theile der Körperflüssigkeit, als dasselbe Theilchen derselben in diesem Augenblick ein Bestandtheil des Muskels ist, im nächsten schon geht es vielleicht in das Blut über, um sogleich darauf sich an der Zusammensetzung einer Drüse zu betheiligen. Die beständig sich geltend machenden Einflüsse der Diffusion können unmöglich eine abgeschlossene Stabilität der ein-

zelnen anatomisch getrennten Organe und der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten bestehen lassen. So ist demnach auch in diesem Sinne richtig, was Liebig sagt, dass das Blut ein flüssiger Muskel sei.

Es ist klar, dass die Art wie die Stoffbewegung im Organismus in Organleistungen umgesetzt wird, von dem Organe abhängt, in welchem die Molecularbewegung des Stoffes stattfindet; derselbe oder wenigstens ein ganz analoger Vorgang wird in dem einen Organe eine Arbeitsleistung, in dem andern eine Temperaturerhöhung hervorrufen müssen, je nachdem er im Muskel, oder im Blute selbst auftritt.

Da aber, wie gesagt, beständig die Organflüssigkeiten ihren Ort wechseln, so ist der Organismus, einfach dadurch, dass er Stoffe aus dem einen Organe in das andere versetzt, im Stande, auch Theile irgend welches Organes zu irgend einem Zwecke zu verwenden, er kann z. B. das Blut, wenn auch nicht direct, doch indirect zur Erzeugung von Muskelarbeit benützen. Jedes einzelne Organ stellt für das andere ein Reservoir vor, aus welchem durch eine Veränderung der Diffusionsbedingungen, wie sie stets im Gefolge der Organthätigkeit auftreten muss, für die Sonderzwecke des bedürftigen Organes geschöpft werden kann.

In diesem Sinne dürfen wir demnach keinen Gegensatz zwischen Blut und Muskel statuiren. Im Gegentheil, wir können sagen, dass das Blut mit seinen Bestandtheilen sich an dem Zustandekommen der Muskelaction betheiligt, freilich erst dann, wenn es nach anatomischen Begriffen aufgehört hat, Blut zu sein. Wir können dadurch, dass wir mehr Blut zuführen, den im Muskel disponibeln Stoff vermehren.

Wir erinnern uns aus den Resultaten der Wasserbestimmung im Muskel im zweiten Capitel dieser Untersuchungen, in welch inniger Abhängigkeit wir die Grösse der Muskelleistungsfähigkeit von der Menge des im Muskel vorhandenen festen Stoffes erkannt haben:

»Je grösser die im Muskel gleichzeitig vorhandene Stoffmenge im Zustande der Ruhe ist, desto mehr kann von dieser im Tetanus verbraucht werden. Je mehr feste Stoffe der geruhte Muskel enthält, desto grösser ist seine mögliche Leistung.

Von diesem Standpuncte aus können wir, nicht nur die eben dargelegte Ansicht durch das Experiment prüfen, ja wir können auch,

dadurch dass wir den Blutgehalt eines Muskels variiren, die Menge der für ihn vorhandenen festen, zersetzbaren Stoffe beliebig vermehren oder vermindern, was auf einem anderen Wege, am Muskelgewebe selbst, nicht ausführbar wäre. Wir sind damit im Stande, experimentell den bisher durch Beobachtung am Muskelgewebe allein gefundenen Satz zu controliren.

Ein genaues Maass für die Gesammtarbeitsleistung eines Muskels, der Arbeitsgrösse, welcher ein Muskel bis zu seiner endlichen vollkommenen Erschöpfung zu leisten im Stande ist, existirt bis jetzt nicht. Wir sind bei einer derartigen Untersuchung gezwungen, uns mit mehr weniger nahe zutreffenden Schätzungswerthen zu behelfen.

Als ein derartiger Schätzungswerth lässt sich unter bestimmten Einschränkungen die Zahl der von einem Muskel bis zu seiner vollkommenen Reactionslosigkeit auf elektrische Ströme gemachten Zuckungen betrachten. Und zwar ist dies unter den Umständen möglich, dass man Muskeln von anfänglich gleicher Stärke, auf welche man gleichstarke Ströme einwirken lässt, so dass sie demnach wenigstens zu Anfang des Experimentes eine gleich grosse Einwirkung des elektrischen Reizes erfahren, mit einander nach dem angegebenen Gesichtspuncte vergleicht.

Diese Umstände sind so nahe als möglich bei den gleichnamigen Muskeln eines und desselben Individuums erreicht, die man zugleich in denselben Kreis des reizenden Stromes eingeschaltet hat.

Die Versuchsbedingungen und die Art ihrer Verwerthung für die vorliegende Frage werden am leichtesten anschaulich werden bei dem Betrachten eines derartigen Versuches selbst.

Bei einem munteren Frosche wurde der eine Unterschenkel mit seiner Hautbedeckung oberhalb des Knies mit einem starken Faden abgeschnürt, so dass bei dem folgenden Abschneiden des Gliedes keine Blutung aus den Gefässen des Unterschenkels und Fusses eintreten konnte. Eine Quetschung der Ansatzstelle des Gastrocnemius wurde sorgfältig vermieden. Das Thier wurde sodann durch einen Nackenschnitt getödtet, die beiden Unterschenkel in gleicher Höhe abgetrennt, wobei das nicht unterbundene Glied sich verblutete, das Blut wurde durch zartes Streichen und Betupfen der Schnittwunde mit ungeleimtem Papier so sorgfältig als möglich entfernt. Hierauf wurden die Reste der an den beiden Stümpfen noch ansitzenden Oberschenkel-

muskeln vom Knochen abpräparirt und die Knochenstümpfe zu gleicher Länge an beiden Präparaten abgeschnitten.

Die Einschaltung der beiden Unterschenkel in denselben Stromkreis war auf folgende einfache Weise erreicht. An zwei Seiten einer Glasschale, die mit Quecksilber gefüllt war, wurden zwei Glassäulchen befestigt, an welchen oben je ein Metallhaken ansass, dessen spitziges Ende in den Knochenstumpf des Oberschenkels an den oben beschriebenen Präparaten und zwar in die Markhöhle eingestossen werden konnte. Der Knochenstumpf wurde mit dem erhaltenen Hautrest des Oberschenkels bedeckt. Die Metallhaken waren so hoch über dem Quecksilberspiegel angebracht, dass die beiden Präparate in gleicher Weise und Ausdehnung gleichzeitig und neben einander auf dem Quecksilber aufruhten, demnach bei einer eintretenden Streckung noch inniger mit demselben in Berührung kommen mussten. Beide Haken waren durch einen Kupferdraht zusammengelöthet, von dem Verbindungsdraht führte eine metallische Leitung zu einem du Bois-Reymond'schen Schlüssel zum tetanisiren.

In das Quecksilber war ebenfalls ein verquickter Kupferdraht, der gleichfalls zu dem Schlüssel führte, eingesenkt.

Mit dem Schlüssel war in bekannter Anordnung der du Bois-Reymond'sche Schlittenapparat verbunden.

Um das Tetanisiren in bestimmten Pausen vor sich gehen zu lassen, war zwischen das Element — ein Daniell'sches — und der primären Rolle des Inductionsapparates das schon benutzte Uhrwerk eingeschaltet, dessen Zeiger durch das Hindurchgehen durch eine kleine Quecksilberwanne, abwechselnd den Strom für eine bestimmte Zeit schloss und wieder öffnete, sodass auf diese Weise für die Präparate Tetanus mit Ruhe und zwar in gleichlangen Zeiten, abwechselte. Der Zeiger drehte sich in 0,5 Minute einmal ganz um seine Achse. Während dieser Zeit schloss er zweimal den Strom und öffnete ihn zweimal.

Um die Frage zu entscheiden, ob der blutreiche Schenkel längere oder kürzere Zeit zucke als der blutleere, mussten vorerst Vorversuche angestellt werden, über das Verhalten zweier Schenkel desselben Individuums, die unter den gleichen Versuchsbedingungen den ermüdenden Einflüssen ausgesetzt worden waren.

Directe Versuche ergaben, dass die zwei Unterschenkel desselben Thieres unter gleichen Verhältnissen in fast allen Fällen annähernd in

der gleichen Zeit für die elektrische Reizung reactionslos würden. Der Unterschied betrug in der hervorragenden Menge von Fällen von 0—3 Minuten. Einen Fall, den ungünstigsten aus allen mir zu Gebote stehenden Versuchsprotokollen, werde ich hier in ganzer Ausdehnung mittheilen, um ein Bild von der Art dieser Resultate zu geben.

Versuch Nr. I.

Vergleichende Beobachtung zweier Unterschenkel des gleichen Thieres mit gleichem Blutgehalte.

Versuchs-Zeit.	Verhalten des Unterschenkels a.	b.	Bemerkungen.
10^h 52′	Starker Tetanus beider Unterschenkel.		Die Unterschenkel waren an dem geköpften, verbluteten Thiere abgeschnitten, ohne den Blutgehalt weiter zu reguliren.
11^h 14′	Die Zuckungen werden bei beiden schwach.		
11^h 22′	+	+	NB. + bedeutet Gesammtzuckung des Gastrocnemius; ? fibrilläre Zuckung sehr schwach; 0 keine wahrnehmbare Zuckung.
23′	?	+	
24′	?	+	
25′	?	+	
26′	+	+	
27′	0	0	
31′	0	?	
32′	0	0	
33′	0	+	
34′	+	+	
35′	0	0	
36′	0	0	
37′	0	0	
38′	0	0	

In 42 Minuten waren beide Schenkel vollkommen reactionslos geworden, nachdem sie schon nach 34 Minuten aufgehört hatten regelmässig auf die Schläge des Inductionsapparates zu antworten. Der Schenkel b in vorstehender Tabelle zeigte sich etwas länger erregbar als der Schenkel a, der Zeitunterschied beträgt 8 Minuten. Wir müssen diese Zeit annehmen als den möglichen Versuchsfehler in den folgenden Versuchen: alle Unterschiede, welche in diese Grösse hereinfallen, müssen als nicht beweisfähig angesehen werden. Glücklicherweise sind die bei den folgenden Untersuchungen sich ergebenden Unterschiede so bedeutend, dass ein derartiger Zeitunterschied dagegen noch vollkommen als verschwindend betrachtet werden darf. Ich wende mich sogleich zu den eigentlichen Versuchen selbst.

Versuch Nr. II.

Vergleichende Beobachtung eines bluthaltigen und eines blutleeren Unterschenkels desselben Thieres.

Versuchs-Zeit.	Zahl der Zuckungen.	Verhalten des Unterschenkels a. blutleer.	b. bluthaltig.	Bemerkungen.
11h 30′		Starker Tetanus beider Schenkel.		232 : 340 = 1 : 1,5
45′		Noch kein Unterschied in der Stärke der Zuckung wahrnehmbar.		
55′		schwache Z.	stärkere Z.	
12h		,,	,,	
10′		,,	,,	
15′		sehr schw. Z.	,,	
17′		zu 0	+	
22′		,,	+	
28′	232	?	+	
29′		0	+	
30′		0	+	
40′		0	+	
50′		0	+	
55′	340	0	+	
3h 43′		starke Z.	stärkere Z.	Von 12h 55′ bis 3h 43′ waren die Unterschenkel in Ruhe.
47′		sehr schw. Z.	,,	
47,5′	18	zu 0	+	
47,75′		0	+	
48′		0	+	18 : 48 = 1 : 2,6.
49′		0	+	
51′		0	+	
51,5′		0	zu 0	
52′		0	,,	
53′		0	+	
54′		0	+	
55′	48	0	+	
56′		0	0	
57′		0	0	
4h 45′		+	+	Ruhe zwischen 3h 57′ und 4h 45′
46′	4	0	+	
49′	16	0	+	
50′		0	0	4 : 16 = 1 : 4.
5h 6′		0	+	Ruhe zwischen 4h 50′ und 5h 6′
7′	8	0	+	
8′		0	0	

Das Resultat ist sehr in die Augen springend.

Der bluthaltige Schenkel überdauerte den blutleeren in höchst bedeutender Weise; es ist keiner Frage unterworfen, dass demnach der

blutreiche Schenkel eine weit bedeutendere Gesammtarbeit zu leisten habe, als der blutleere.

Ganz diesem Resultate entsprechend verhalten sich alle von mir zur Entscheidung der vorliegenden Frage angestellte Versuche, stets ist der blutreichere Schenkel länger auf elektrischen Reiz erregbar als der blutleere. Die Zeitdauer ist schwankend. In dem extremsten Falle war 50 Minuten nachdem der blutleere Schenkel aufgehört hatte zu reagiren, die Reactionsfähigkeit bei dem bluthaltigen noch nicht verschwunden.

Das Resultat ist zu deutlich und stimmt zu sehr mit bisher gehegten Ansichten über dieses Verhältniss überein, als dass ich noch mehr derartige Versuche, von denen mir eine bedeutende Anzahl zu Gebote steht, hier mitzutheilen mich veranlasst sähe.

Der Versuch lässt sich auch mit Strychnin am lebenden Thiere leicht anstellen. Nur ist zu beachten, dass die Dosis des Strychnins nicht allzuschnell alle Reactionsfähigkeit aufhebe, sehr schwache Zuckungen sind schwer in ihrer Grösse zu vergleichen.

Unterbindet und durchschneidet man an einem lebenden Frosche die eine Arteria iliaca ohne eine Verletzung der Nerven herbeizuführen und vergiftet das Thier mit Strychnin, so sieht man sehr deutlich, dass das durch die Unterbindung der Arterie — und ihrer Durchschneidung — blutleer gemachte Bein sehr viel schneller ermüdet als das bluthaltige. Während sich letzteres noch stark streckt bei jedem Tetanusanfall, zuckt das andere entweder gar nicht, oder wenigstens nur sehr schwach.

In Folgendem theile ich eines der Versuchsprotokolle mit.

Versuch Nr. III.

Beginn des Versuches: 4^h 5′ mit Unterbindung der linken Art. iliaca und Durchschneidung derselben.

4^h 10′ Vergiftung mit einer Strychninlösung durch eine Rückenhautwunde.

14′ Erste Zuckung.

14,5′ Tetanus.

17,5′ Ruhe.

18′ Reiz durch Erschütterung: Streckung des rechten, blutreichen Beines, schwache Zuckung des blutleeren.

19'—23' Verhalten wie oben.
24' Schwächere Zuckung im rechten Beine, links keine Reaction mehr.

Das Resultat dieser Versuche, deren Schema ich hier mitgetheilt habe, stimmt vollkommen mit der ersten Versuchsreihe überein. Der blutreiche Schenkel ist im Stande eine grössere Gesammtarbeit zu leisten als der blutleere.

Es ist nach diesen Versuchen klar, dass der Muskel beim Tetanus im lebenden Organismus nicht allein die momentan in ihm enthaltene Stoffmenge zum Verbrauche vorräthig besitzt, sondern, dass auch von den übrigen flüssig-beweglichen Körperstoffen zur Muskelarbeit verwendet werden kann.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

§ 3.

Resultate.

1. Die Zuckungsgrösse des geruhten Muskels ändert sich durch das vollkommene Entfernen des Blutes aus demselben im Wesentlichen nicht.

Das Blut ist zum Zustandekommen der Muskelcontraction unnöthig. Der Muskel enthält in sich alle zur Muskelarbeit nöthigen Momente.

2. Doch ist der bluthaltige Muskel im Stande, eine grössere Gesammtarbeit zu leisten als der blutleere.

Der Muskel vermag auch Stoffe aus dem Blute zur Arbeitsleistung zu verwenden.

Elftes Capitel.

Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoff-Ausscheidungen des menschlichen Organismus bei genügender Nahrung und Muskelruhe.

---

§ 1.

Versuchsplan und Methode.

Es wurde in der Einleitung auseinandergesetzt und die Gründe besprochen, warum es nöthig sei, bevor wir die Ausscheidungsverhältnisse des menschlichen Organismus unter irgend welchen äusseren Bedingungen, zum Behufe deren Einwirkung auf den Ausscheidungsmodus zu prüfen, einer erneuten Untersuchung unterwerfen können, vorerst das gleiche Problem für den menschlichen Organismus zu lösen, das in so glänzender Weise von Bischoff, Voit und Pettenkofer für den Fleischfresser gelöst worden ist.

Es muss erst der Ausscheidungsmodus unter dem Einflusse der normalen Bedingungen — Ruhe — vollkommen erforscht sein, ehe wir zur Lösung der Frage: sind bestimmte äussere oder innere Momente von Einfluss auf diesen Vorgang? schreiten können.

Unsere erste und Hauptaufgabe wird sicherlich die sein müssen, zu constatiren, dass der von Liebig aufgestellte, von Bischoff, Voit und Pettenkofer für den Fleischfresser erwiesene Satz: der Harnstoff ist ein Maass der Umsetzung, auch für den Menschen gültig sei.

Es war nöthig in die vorliegende Untersuchung den Menschen hereinzuziehen, da nur an seinem Organismus die uns im dreizehnten Capitel beschäftigende Frage gelöst werden kann: ist die Muskelarbeit von Einfluss auf die stündliche Harnstoffausscheidungsgrösse; da man nur von ihm, ohne äusserste Schwierigkeit, die gesammte Harnstoff-

menge, die in Zeit einer Stunde in die Blase abgeschieden wurde, vollständig erhalten kann.

§ 1 des ersten Capitels dieser Untersuchungen habe ich schon den Einfluss, welchen die Herren Professoren Bischoff, Voit und Pettenkofer auf die Untersuchungen geübt haben, die in den beiden Capiteln, in dem vorliegenden und dem folgenden, mitgetheilt werden sollen, dankend besprochen.

Die Resultate dieser beiden Capitel wurden schon unter dem Titel: »Kohlenstoff- und Stickstoff-Ausscheidung des ruhenden Menschen« in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1861. S. 311 ff. von mir mitgetheilt.

Die Untersuchungen des dreizehnten Capitels sind zeitlich weit später in dem Laboratorium des Herrn Professor J. von Liebig angestellt worden. —

Die Hoffnungen, die Voraufgabe lösen zu können, waren bei Beginn der Arbeit ziemlich gering. Die negativen Resultate, welche bisher beim Menschen in Bezug auf das Wiedererscheinen alles aufgenommenen Stickstoffs in den Excreten von der überwiegenden Mehrzahl der bedeutendsten Forscher erhalten worden, liessen a priori wenig Hoffnung zu, dass es mir gelingen würde, die Aufgabe einer entsprechenden Lösung entgegen zu führen.

Es ist aber, wie dies von Bischoff und Voit klar dargelegt wird, werthlos, Stickstoffbestimmungen im Harne und Kothe vorzunehmen, bevor es entschieden ist, dass wir in diesen Excreten allen vom Organismus ausgeschiedenen N wiederfinden.

Geht auf irgend einem Wege uncontrolirbar N aus dem Organismus, so ist es natürlich vollkommen unmöglich, Etwas über die wahre Grösse des Stickstoffverbrauches des Organismus auszusagen, da ja dann keine Möglichkeit vorliegt, letztere Grösse mit nur annähernder Sicherheit zu bestimmen.

Die behauptete directe N-Ausscheidung durch Haut und Lungen, die Angaben über das Vorkommen von Harnstoff im normalen Schweisse des Menschen, dann besonders die von Bischoff und Voit gemachte Angabe, dass es unter Umständen (auch im normalen Organismus?) möglich sei, dass der Harnstoff im Blute oder in der Harnblase noch weitere Veränderungen erfahre, und in andere Formen, z. B. kohlensaures Ammoniak, übergeführt werde, liessen alle die Möglichkeit als

eine sehr geringe erscheinen, dass ich im Stande sein würde, den menschlichen Organismus unter solche Ernährungsverhältnisse zu setzen, dass sich die Einnahme und controlirbare Ausgabe in der Zeiteinheit vollkommen im Gleichgewichtszustande befänden.

Andererseits sprang sogleich in die Augen, dass von den bisherigen Untersuchern der vorliegenden Frage der Ernährungsbedingungen des Menschen die nothwendige Sorgfalt in der Bestimmung und Controlirung der Einnahmen des Organismus nicht in Anwendung gebracht worden war. Das Verdienst, die richtigen Grundsätze in dieser Beziehung klar ausgesprochen und consequent in Anwendung gezogen zu haben, gebührt den beiden genannten Forschern. Ich musste, wie sie, versuchen, in wie weit es mir gelingen würde, nur solche Nahrungsstoffe zur Einfuhr anzuwenden, die verhältnissmässig genau chemisch bestimmbar und bestimmt wären, denn nur wenn man wirklich sicher die wahre Grösse der Einnahme speciell von N in den Organismus kennt, ist es möglich, die Frage über das postulirte Gleichgewicht zu entscheiden.

Es lag nahe, den Versuch zu machen, dieselben Stoffe, die den genannten Untersuchungen für die Ernährung des Hundes gedient hatten, auch für meine Zwecke zu benutzen; besonders schien es nöthig, dieselbe Methode des Fleischausschneidens, wie sie von Bischoff und Voit angewendet worden war, auch für die Menschen zu adoptiren. Diesem Versuche stellten sich jedoch bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Die auf die angegebene Weise erhaltenen, von allem sichtbaren Fette, gröberen Bindegewebszügen und Arterien etc. befreiten Fleischstückchen haben gewöhnlich nur eine äusserst geringe Grösse, so dass es unmöglich schien, dieselben noch einer Zubereitung zu unterwerfen, wie sie für den Menschen nothwendig ist. Ich suchte diesem Uebelstande dadurch zu entgehen, dass ich in der ersten der im Folgenden mitgetheilten Versuchsreihen das magerste Kuhfleisch, welches ich auftreiben konnte, zur Nahrung verwendete, welches eine scheinbar so homogene Beschaffenheit besass, dass es unbedenklich als fettfrei schien angenommen werden zu können.

In den weiteren Versuchsreihen musste ich mich jedoch nichts desto weniger entschliessen, zu dem directen Ausschneiden meine Zuflucht zu nehmen, und es zeigte sich, dass von demselben in keiner Weise Umgang genommen werden durfte.

Die Zubereitung war folgende:

Die grösseren Fleischstücke wurden in feine Scheibchen geschnitten und sodann mit der Scheere von jedem sichtbaren Fettpartikelchen und gröberem Bindegewebe befreit. Sodann wurde es unter meiner Aufsicht in einem neuen eisernen Pfännchen gebraten, mit einer abgewogenen Schmalzmenge und der Vorsicht, dass von letzterem durch Sprützen Nichts verloren ging. Zum Schlusse wurde sorgfältig aus der Pfanne alles Angebackene ausgekratzt, zuletzt noch mit Brod ausgewischt.

Versäumt man diese Vorsichtsmaassregeln, so läuft man durchaus Gefahr, weniger Stickstoff in den Organismus einzuführen, als man der Rechnung nach erwartete, mag nun entweder schon frisch Fett als Fleisch in Rechnung gezogen worden sein, wenn das Fleisch nicht mit der äussersten Sorgfalt ausgeschnitten würde, oder mag Etwas in der Pfanne geblieben sein.

Stickstoffbestimmungen im gebratenen Fleische sind wenig zuverlässig und können darum nur mit grosser Vorsicht an Stelle des angegebenen umständlichen Weges angewendet werden. Ich machte zwei vergleichende Stickstoffbestimmungen zweier Stücke desselben Rinderbratens. Das erste Mal erhielt ich 9,9 %, das zweite Mal 11 % des bei 100° C. getrockneten Fleisches. Die Fettbestimmungen laboriren noch an einem bedeutenderen Fehler. Neben dem Fleische wurde noch schwarzes Roggenbrod, von dem die braune Rinde entfernt war, zur Nahrung verwendet. Der *N*-Gehalt desselben wurde, wie der des ausgeschnittenen Fleisches, von Voit, der dasselbe auch in seinen Untersuchungen verwendete, vielfältig bestimmt und von der gleichen Mehlsorte als fast absolut constant gefunden. Meine Bestimmungen stimmen mit den seinigen vollkommen überein.

In den beiden ersten Versuchsreihen wurde ausser Fleisch und Brod nur noch zerlassene Butter, Schmalz, in Anwendung gezogen; dieselbe enthielt keinen *N*.

In den letzten Reihen wurde ausserdem noch Kartoffeln, ganze Eier und Eiereiweiss, auch Butter genossen. Kartoffeln und Eier sind chemisch nicht genau zu charakterisiren, sie wurden darum in der letzten Reihe verlassen.

Die Nahrung der letzten (IV.) Reihe scheint mir zur Anstellung der betreffenden Versuche sehr günstig. Sie wurde, ohne sehr compli-

cirt zu sein, gern genossen. Im Näheren verweise ich auf die Versuchsreihe Nr. IV selbst.

Bei der verhältnissmässigen Einfachheit der angewendeten Nahrungsmittel wurde es so möglich, mit grosser Genauigkeit verschiedene Tage hindurch eine gleichmässige Nahrungsmenge einzuführen, deren *N*-Gehalt, in den meisten Fällen auch der *C*-Gehalt, genau bekannt war.

Zur *N*-Bestimmung im Harne wurde für die Bestimmung des Harnstoffs die Liebig'sche Titrirmethode in Anwendung gebracht.

Die Harnsäure wurde durch Ausfällen mit Salzsäure, wie dies in den analytischen Belegen näher ausgeführt ist, bestimmt.

Schwieriger erschien es, die Bestimmung des je auf eine Versuchsreihe treffenden Kothes genau machen zu können. Es gelang mir dies jedoch mit vollkommen genügender Schärfe durch Benützung der Erfahrung, dass mit der Nahrung zugleich genossene unverdauliche kleine Körper sich im Kothe, mit demselben gleichmässig gemischt wiederfinden und dadurch den Koth zu charakterisiren im Stande sind. Ich wendete bei meinen Versuchen zu diesem Zwecke die an ihrer rothen Farbe leicht kenntlichen Hülsen der Preisselbeeren an, welche an dem Tage vor dem Versuchstage genossen, den betreffenden Koth wieder erkennen liessen, ebenso Feigen.

Um die Trennung noch leichter vornehmen zu können, wurde, wie dies Bischoff und Voit auch beim Hunde thaten, die letzte Mahlzeit, bei welcher die Beeren mit genossen wurden, wenigstens 20 Stunden vor der folgenden ersten Versuchsmahlzeit eingenommen. Der Koth der letzt vorausgegangenen war während dieser Zeit sicher in dem Ende des Dickdarmes angelangt. Er liess sich stets durch seine Farbe und dadurch, dass der neuere Koth dem alten wie eine Haube aufsass, ohne mit ihm zusammengeflossen zu sein, leicht und sicher trennen.

Die *N*-Bestimmungen im Kothe wurden in der bei 100^0 C. getrockneten Substanz durch Glühen mit Natronkalk vorgenommen.

In Bezug auf die in der Untersuchung vorkommenden Körpergewichtsbestimmungen habe ich zu bemerken, dass es Nackend-Gewichte sind. Sie wurden auf einer vortrefflichen Brückenwaage angestellt, auf welcher ein Gewichtsunterschied von 10 Gr. noch abzulesen, von 5 Gr. noch zu schätzen war.

Die zur Nahrung verwendeten Speisen wurden auf einer Teller-

waage, welche auf 0,05 Gr. noch einen deutlichen, ablesbaren Ausschlag gab, gewogen.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Harnes wurde mit einer feinen Senkwaage vorgenommen, welche einen halben Theilstrich noch ablesen, einen viertel Theilstrich noch schätzen liess.

Zur Bestimmung der Gesammtmenge der festen Ausscheidungen durch den Harn wurden 10 CC. Harn unter der Luftpumpe getrocknet und gewogen.

Bischoff und Voit haben, den Harnstoff als Maass des Stoffwechsels benutzend, eine Rechnung angestellt, durch welche sie die gleichzeitig ausgeschiedenen *C*- und *H*-Mengen zu bestimmen suchten.

Es war mir von grossem Werthe, diese Rechnung wenigstens für den *C* in meinen Versuchen durch directe Bestimmung desselben controliren zu können, was durch den von Herrn Professor Pettenkofer construirten Apparat für die Bestimmung der ausgeathmeten CO_2 möglich wurde. Diese Versuche wurden von den Professoren Pettenkofer und Voit selbst geleitet.

In Betreff der Beschreibung des Pettenkofer'schen Apparates verweise ich auf die Denkschrift der Münchener Akademie und die Annal. d. Chem. u. Ph. 1862. II. Suppl. 1. Heft. In den zum Schlusse mitgetheilten Tabellen sind die directen Versuchsresultate der *C*-Bestimmung mitgetheilt.

Zum Schlusse habe ich noch zu bemerken, dass ich alle im Folgenden mitgetheilten Versuche an mir selbst angestellt habe. Ich befand mich zur Zeit derselben in vollkommen gesundem, kräftigen Körperzustande und in dem Alter von 24 Jahren. Meine Grösse beträgt 6′ 2″ bayrisch; mein Durchschnittsgewicht 70 Kgrm.

Im Folgenden werde ich zuerst die Versuchsreihen anführen, welche zum Behufe der Entscheidung der Frage angestellt worden sind, ob es möglich sei, beim Menschen einen derartigen Körperzustand herbeizuführen, in welchem ebensoviel *N* und *C* in den controlirten Excreten, Harn, Koth und Respirationsausgabe, wieder erschiene, als in der Nahrung gegeben wurde. An diese Untersuchung schliessen sich sodann noch einige Beobachtungen über Modificationen der Ernährung an.

§ 2.

Versuche zur Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der Stickstoff-Ausscheidung durch Darm und Nieren zur Stickstoffaufnahme in der Nahrung.

Zur Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der N-Ausscheidung zur N-Aufnahme war es erforderlich, längere Zeit den Körper unter vollkommen gleichen Ernährungsbedingungen zu halten, da es nur dadurch möglich wird, dass sich der Körper mit der Nahrung ins Gleichgewicht setzt.

Versuchsreihe Nr. I.

Anfang: den 31. October 4 Uhr Abends.

Ende: den 7. November 4 Uhr Abends, 1860.

Das Befinden zu Anfang und während des Verlaufes der Versuchsreihe war vollkommen normal.

Die körperliche Bewegung, auf ein Minimum beschränkt, war an den einzelnen Versuchstagen so viel als möglich gleich.

Die Witterung war anhaltend kalt, so dass von Schweiss während der Reihe keine Spur bemerkt wurde.

Während der ersten drei Versuchstage — 31. Oct. bis 2. Nov. incl. — wurden folgende Nahrungsmengen aufgenommen:

Rindfleisch	500 Grm.	= 17 Grm. N	und 62,7	Gr. C
Brod	200 ,,	= 2,56 ,, ,,	,, 48,72	,, ,,
Fett	15 ,,	= 0 ,, ,,	,, 10,19	,, ,,
Salz	10 ,,			
Wasser	2000 CC.			
	Zusammen	19,56 Grm. N	u. 121,6	Gr. C.

Verhältniss des N zum C der Nahrung wie 1 : 6,2.

Den 4. Versuchstag — 3. Nov. — wurden zu obiger Nahrung noch 35 Grm. Fett gegeben mit 23,8 Grm. C, und 125 Grm. Rohrzucker mit 52,7 Grm. C. Dadurch stieg die C-Menge der Nahrung auf 198 Grm. Die N-Menge blieb die gleiche.

Den 5. Versuchstag — 4. Nov. — wurden noch 30 Gr. Fett zugesetzt mit einer C-Menge von 20,3 Grm. Die Gesammtmenge des gegebenen C belief sich nun auf 218,4 Gr. Diese letzten Nahrungsquantitäten wurden den 4., 5. und 6. November beibehalten.

$N : C = 1 : 11,16.$

Den 7. November wurden 2009 Gramm roh gewogenes Rehfleisch mit 80 Gramm Fett gegessen. Der N-Gehalt dieser Fleischmenge betrug 66,3 Grm. In Fett und Fleisch waren enthalten 305,8 Grm. C (cfr. Fleischtag Nr. 2).

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Datum.	K. Gewicht.	Ausscheidung.				Nahrung.		Differenz der N Ausscheidung zur N Aufnahme.
		$\overset{+}{U}$	$\bar{U}$	Koth.	Gesammt-Gew. d. N	N	C	
31. X.	69570	42,07	1,04	46,1	21,51	19,56	121,6	+ 1,95
1. XI.	69340	47,8	1,11	48,4	23,86	,,	,,	+ 4,3
2.	69340	51,4	1,12	0	25,45	,,	,,	+ 5,89
3.	68800	47,3	1,25	164,7	23,68	,,	198	+ 4,12
4.	68600	38,2	1,07	59,4	19,372	,,	218	— 0,188
5.	68660	38,4	0,68	53,4	19,34	,,	,,	— 0,22
6.	68600	40,1	1,03	0	20,19	,,	,,	+ 0,63
7.	68550	75	2,11	12,1	43,9	66,3	305,8	— 22,4
8.	67610			35,5				
9.				251				

Den ersten Versuchstag — 31. October — wurden 46 Gramm auf den vergangenen Tag gehöriger Koth, durch Beeren abgegrenzt, entleert.

Auf die Versuchsreihe selbst fallen 373 Gramm Koth vom ersten bis siebenten Versuchstage, incl. mit einem N-Gehalt von 8,29 Gramm. Es wurden also an je einem Versuchstage 1,184 Gramm N im Kothe entleert, welche Grösse zu dem aus $\overset{+}{U}$ und $\bar{U}$ berechneten N-Gehalt des entleerten Harnes in obiger Tabelle hinzugerechnet wurde.

Den achten Versuchstag, — 7. November — an welchem nur Fleisch genossen wurde, wurde der Koth ebenfalls abgegrenzt. Am 7. November wurden 12,1 Gramm Faeces ausgeschieden, welche noch auf die gemischte Kost zu rechnen sind. Am 9. November 277 Gramm, von denen 251 sich als Fleischkoth zu erkennen gaben, 35 Gramm wurden auf die vorhergehenden Tage bezogen. Der Fleischkoth enthielt 5,5 Gramm N, welche bei der Zusammenstellung der ausgeschiedenen N-Gesammtmenge am Fleischtage in Rechnung gezogen wurden.

Während der ersten drei Versuchstage, an welchen der C der Nahrung 121,6 Gramm betrug, beobachteten wir im Vergleiche mit dem N-Gehalte der Nahrung eine ziemlich bedeutende Mehrausscheidung von N in den Excreten; und zwar stieg diese Mehrausscheidung vom ersten bis dritten Versuchstag bedeutend.

Am vierten Versuchstage, an welchem bei gleichbleibender N-Zufuhr der C-Gehalt der Nahrung auf 198 Gramm erhöht worden, sehen wir die N-Ausscheidung etwas sinken, bis sie am fünften Tage bei einer Erhöhung des C-Gehaltes der Nahrung bis auf 218,4 Gramm mit der Einnahme an N in vollkommenem Gleichgewichte sich befindet.

Wir sehen bis zu einer gewissen Grenze die N-Menge der Excrete in einem umgekehrten Verhältnisse zu der C-Menge der aufgenommenen Nahrung. Mit dem Steigen der letzteren sinkt die erstere.

Während des fünften, sechsten und siebenten Versuchstages sehen wir in dem Harne und den Faeces genau ebensoviel N ausgeschieden, als in der Nahrung während dieser Zeit eingeführt wurde.

Der Beobachtungsfehler erscheint hier sehr gering: in den drei betreffenden Tagen stellt sich ein Ueberschuss von nur 0,22 Gramm N heraus.

Während der drei letzten Versuchstage wurden in je 24 Stunden ausgeschieden:

im Harne:	im Kothe:	zusammen:
18,456 N.	1,184 N.	19,64 N.
8,11 C.	8,13 C.	16,24 C.

In der Nahrung wurden eingeführt:

19,56 N und 218,4 C.

Es bleiben also für die Respiration, wenn wir annehmen, dass ein vollkommener Ersatz aller Ausgaben durch die Nahrung erzielt worden sei:

0 N und 202,16 C.

Ueber den Fleischtag vergleiche Captel XII.

Versuchsreihe Nr. II.

Anfang: den 4. December, 4 Uhr Abends,

Ende: den 7. December, 4 Uhr Abends, 1860.

Befinden bei Beginn des Versuches normal; am dritten Versuchstage stellten sich mit einem heftigen Katarrh rheumatische Hüftschmerzen ein, der Versuch wurde dadurch unterbrochen.

Die Witterung war rauh und nasskalt.

Als Nahrung wurde in je 24 Stunden aufgenommen:

Fleisch	300 Grm.	= 10,2 Grm. N	und 37,56 Grm.	C
Brod	400 ,,	= 5,1 ,, ,, ,,	97,44 ,,	,,
Fett	20 ,,	=	13,6 ,,	,,
Zucker	200 ,,	=	84,2 ,,	,,
Salz	10 ,,			
Wasser	1900 CC.			

Zusammen 15,3 Grm. N und 232,8 Grm. C.

Verhältniss des N zum C in der Nahrung wie 1 : 15.

Das Essen blieb sich hier in den drei Beobachtungstagen vollkommen gleich.

Die Ergebnisse stelle ich tabellarisch zusammen:

Datum.	K. Gewicht.	Ausscheidung.				Nahrung.		Differenz der N Ausscheidung und Aufnahme.
		$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	Koth.	Gesammt-Gew. d. N	N	C	
4. XII.	69490	30,8	0,77	44,7	15,8	15,3	232,8	+ 0,5
5.	69240	31,9	0,84	0	16,4	,,	,,	+ 1,1
6.	69780	36,5	0,79	175	18,5	,,	,,	+ 3,2
7.	68810			27				

Die am 4. December gelassene Kothmenge gehörte auf die Tage vor der Versuchsreihe. Im Ganzen wurden 202 Gramm Koth in den Versuchstagen entleert mit einem Gesammt-N-Gehalt von 4,04 Gramm; auf je einen Tag treffen demnach 1,31 Gramm N.

Die Betrachtung der Ergebnisse der ersten zwei Versuchstage scheint mit Bestimmtheit darauf hinzuweisen, dass auch hier ein Gleichgewichtszustand zwischen Einnahmen und Ausgaben des Körpers eingetreten sei.

Auch hier erscheint annähernd die gleiche Menge N in den Excreten, die in der Nahrung eingeführt wurde.

Der Fehler nach der Plusseite ist hier etwas bedeutender als in der ersten Reihe, im Durchschnitt 0,75 Gramm.

Die am dritten Tage eingetretene Steigerung in der N-Ausscheidung wird mit grösster Wahrscheinlichkeit auf das fieberhafte Unwohlsein während des Versuchstages zu beziehen sein. Die Angabe der Pathologen, dass im Fieber der Stoffwechsel und dadurch die $\overset{+}{U}$-Ausscheidung gesteigert sei, findet dadurch eine Bestätigung.

Während der zwei ersten Versuchstage wurden durchschnittlich in je 24 Stunden ausgeschieden:

im Harne:	im Kothe:	zusammen:
14,7 *N.*	1,3 *N.*	16,1 *N.*
6,5 *C.*	10 *C.*	16,5 *C.*

In der Nahrung wurden eingeführt: 15,3 *N*, 232,8 *C.*

Es bleibt demnach — wenn wir vollkommenes Gleichgewicht der Einnahmen u. Ausgaben annehmen — für die Respiration: 0 *N*, 216,3 *C.*

Versuchsreihe Nr. III.

Anfang: den 26. Januar 1861, 9 Uhr Morgens.

Ende: den 4. Februar, 9 Uhr Morgens.

Das körperliche Befinden vor Beginn und während des Verlaufes der Versuchsreihe war vollkommen normal.

Die Bewegung so viel als möglich beschränkt, an den einzelnen Versuchstagen fast absolut gleich.

Die Witterung nass und kalt, so dass auch hier durchaus kein Schweiss bemerkt wurde. Ueber den 1. Februar siehe im Folgenden.

Die Nahrung während dieser Versuchsreihe war ziemlich zusammengesetzt, da die einfache nur aus Fleisch und Brod bestehende Kost der früheren Versuchsreihen bei längerem Fortgenusse durch Ekel die weitere Fortsetzung des Versuches unmöglich machte.

Die in der jetzt zu besprechenden Reihe in Anwendung gezogene gleichbleibende Nahrung war gut geniessbar, doch machte sich die Unannehmlichkeit geltend, dass der Versuchsfehler hier nothwendiger Weise etwas grösser ausfiel.

Vom 26. Januar bis 2. Februar war die aufgenommene Nahrung von folgender gleichbleibender Zusammensetzung:

Fleisch	250 Grm.	= 8,5 Grm. *N*	und	31,3 Grm. *C*
Eier	100 ,,	= 3,5 ,, ,,	,,	?
Brod	400 ,,	= 5,1 ,, ,,	,,	97,4 ,, ,,
Kartoffeln	150 ,,	= 0,71 ,, ,,	,,	?
Butter	40 ,,	= 0,1 ,, ,,	,,	} 67,9 ,, ,,
Schmalz	60 ,,			
Salz	5 ,,			
Wasser	1700 CC.			

Zusammen 17,91 Grm. *N* und ? Grm. *C*, wenigstens 196,6.

Das Verhältniss des N zum C in der Nahrung ist demnach grösser als 1 : 12.

Am 3. Februar wurden anstatt 250 Gramm 500 Gramm Fleisch genossen. Die übrigen Nahrungsmittel blieben in Qualität und Quantität die gleichen. Der N-Gehalt der Nahrung stieg dadurch auf 25,13 Gramm.

Am 4. Februar wurde wieder ein Fleischtag eingeschaltet; es wurden 1281 Gramm roh gewogenes Ochsenfleisch, mit 78 Gramm Schmalz gebraten gegessen, mit einem N-Gehalt von 43,55 Gramm und 208,1 Gramm C.

Am 5. Februar wurde noch einmal zu der Kost der ersten Versuchstage in dieser Reihe zurückgekehrt (cfr. Fleischtag Nr. 3).

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Datum 1861.	K. Gewicht.	Ausgaben.				Nahrung.		Differenz der N Ausscheidung zur N Aufnahme.
		$\overset{+}{U}$	$\bar{U}$	Koth.	Gesammt-Gsw. d. N.	N	C	
26. I.	75170	41,2	0,9	231	21,2	17,91		+ 3,29
27.	73940	39,3	0,93	33 + 159	20,31	,,		+ 2,4
28.	72870	38,1	0,75	80	19,72	,,		+ 1,81
29.	72540	39,3	0,8	34	20,26	,,		+ 2,35
30.	71910	38,3	0,94	45	19,88	,,		+ 1,97
31.	71800	37,9	0,83	111	19,65	,,		+ 1,74
1. II.	71710	37,8	0,78	114	19,6	,,		+ 1,69
2.	71530	38,3	0,96	97	19,89	,,		+ 1,98
3.	71100	42,7	1,1	145	22,85	25,13		— 2,28
4.	71190	69,4	1,5	91	37,91	43,55		— 5,64
5.	70110	49,9	2,2	49	25,72	17,91		+ 7,81
6.	70480			49 }				
7.				146 }				
8.				146				

Am ersten Versuchstage wurden 231 Gramm Koth entleert. Sie waren durch Beeren abgegrenzt und wurden als auf die Tage vor die Versuchsreihe gehörig, entfernt. Am zweiten Tage wurden 192 Gramm ausgeschieden, davon trafen noch 33 Gramm auf die vorhergehenden Tage. In der vorliegenden Reihe wurden 795 Gramm Koth im Ganzen entleert: vom ersten bis achten Versuchstage incl. und wieder am elften. In dieser Kothmenge waren enthalten 15,3 Gramm N: auf einen der neun Versuchstage treffen demnach 1,7 Gramm N für die Ausscheidung durch den Koth; welche Grösse bei den obigen Resultaten eingerechnet ist.

Auf den neunten Versuchstag treffen 140 Gramm Koth mit einer N-Menge von 2,557 Gramm.

Auf den Fleischtag 195 Gramm Koth mit 5 Gramm N.

Am ersten Versuchstage bemerken wir eine ziemlich bedeutende N-Mehrausscheidung, 3,2 Gramm. Der Körper gab hier wahrscheinlich noch N her, es war also etwas zu wenig N gegeben. In den folgenden sieben Tagen findet sich zwar ebenfalls eine Mehrausscheidung im Durchschnitte von 1,99 Gramm N, jedoch stimmen die Resultate so genau mit einander überein, dass wir annehmen dürfen, es sei hier ein vollkommenes Gleichgewicht in Einnahmen und Ausgaben eingetreten. Der Fehler nach der Plusseite muss auf die Bestimmungsmethoden geschoben werden.

Wir sehen auch an dieser Reihe, dass bei einer den Körper vollkommen ernährenden Kost in den Excreten kein Deficit an N auftritt gegenüber dem N-Gehalte der eingeführten Nahrung.

Zu der vorstehenden Reihe bemerken wir zweimal, am neunten und zehnten Versuchstage ein ziemliches Deficit, welches noch um so grösser erscheint, wenn wir bedenken, dass in den Bestimmungsmethoden ein Fehler nach der Plusseite sich geltend macht.

Beide Male sehen wir dieses Deficit eintreten im Gefolge einer nicht unbedeutenden Steigerung des Fleischgehaltes der Nahrung: den neunten Tag um 250 Gramm Fleisch zur früheren Kost, den zehnten bei 1281 Gramm Fleisch.

Wir nahmen im Vorgehenden an, dass in den ersten acht Tagen die eingeführte Nahrung genau hingereicht habe, um den Stoffwechselverlust zu decken. Es fragt sich, was muss unter diesen Verhältnissen eine Steigerung des Eiweisses in der Nahrung zur Folge haben, wenn die Möglichkeit für den Darm, eine weitere Nahrungsmenge zu verdauen, vorhanden ist.

Es erscheint nur von vorne herein nach den Beobachtungen am Fleischfresser äusserst wahrscheinlich, anzunehmen, dass unter solchen Verhältnissen ein Theil des überschüssig zugeführten und verdauten Eiweisses im Körper angesetzt werde, der Körper dadurch an Eiweiss reicher werden würde.

Im concreten Falle sehen wir eine überschüssige N-Menge zugeführt, wir dürfen demnach erwarten, dass ein Theil derselben unge-

braucht im Körper zurückgehalten werden würde: wir sehen in Wahrheit ein Deficit von 2,38 Gramm N in den Excreten auftreten.

Eine noch weitere Steigerung der N-Zufuhr hatte wieder ein Deficit von 5,64 Gramm zur Folge, am zehnten Tage.

Der Körper ist also nach diesen Voraussetzungen am Ende des zehnten Versuchstages reicher an N geworden als die Tage vorher; es ist dann nach den Erfahrungen von Bischoff und Voit zu erwarten, dass er am elften Tage auch eine grössere Menge N haltiger Zersetzungsproducte liefern werde als vorhin. Es wird darum eine Nahrung, die vorhin hingereicht hat, allen N-Verbrauch des Körpers zu ersetzen, jetzt nicht mehr hinreichen: es wird ein ziemlich bedeutendes N-Mehr in den Excreten sich finden müssen im Verhältniss zur N-Einfuhr.

Am elften Versuchstage, an welchem nach vorausgegangener übermässiger Fleischkost wieder die Nahrung der ersten Versuchstage gegeben wurde, sehen wir ein N-Plus in den Excreten von 7,81 Gramm, also ganz in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen von Bischoff und Voit am Fleischfresser.

Die Ansicht, dass der N vielleicht als $\overset{+}{U}$ im Blute zurückgehalten worden sei und dann am folgenden Tag erst ausgeschieden, scheint mir darum geringen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit zu haben, da in den eben besprochenen Versuchstagen durchaus sich nicht das Maximum der für den Menschen möglichen $\overset{+}{U}$-Ausscheidung findet.

Mir scheint das Factum, dass auf Steigerung der Fleischzufuhr ein N-Deficit in den Excreten eingetreten ist, ein Beweis für die Richtigkeit der Annahme, dass in Wahrheit in vorstehender Reihe ein Gleichgewichtszustand zwischen Bedürfniss und Zufuhr stattgefunden habe.

Noch verdient der siebente Versuchstag, der 1. Februar, eine eingehendere Besprechung.

Er wurde dazu benutzt, um den Einfluss eines bedeutenden Verlustes an Schweiss auf die N-Ausscheidung durch Darm und Nieren zu prüfen.

Den 7. 5 Uhr 20 Minuten Nachmittags wurde ein Kastendampfbad genommen.

Nackendgewicht vor dem Bade 73330 Gramm. Das Sitzen im Dampfbade währte 17 Minuten.

Nackendgewicht nach dem Bade 72050 Gramm.

Es hat also während der 17 Minuten im Bade eine Gewichtsabnahme von 1280 Gramm stattgefunden, welche Gewichtsabnahme zum grossen Theil wenigstens auf Schweissverlust zu beziehen ist.

Diese gewiss nicht unbedeutend zu nennende Schweissausscheidung zeigte sich auf die *N*-Ausscheidung im Harne von keinem erkennbaren Einflusse.

Am Tage vor dem Schwitzversuche wurden 17,95 Gramm, am Schwitztage 17,86 Gramm, am folgenden Tage 18,19 Gramm *N* im Harne ausgeschieden.

Wäre trotzdem, dass im Harne keine Wenigerausscheidung von *N* erschien, der Körper doch noch durch einen Harnstoffverlust durch den Schweiss erheblich *N*-ärmer geworden, so hätten wir für den folgenden Tag eine *N*-Minderausscheidung zu erwarten gehabt. Dass dies nicht der Fall ist, lehren die angegebenen Zahlen.

Es scheint demnach, dass in dem vorliegenden Falle nur sehr wenig *N* als Harnstoff im Schweisse verloren gegangen sein könne.

Nach den gewöhnlichen zur Entdeckung des Harnstoffs angewendeten Methoden war es auch unmöglich, nur Spuren desselben in der freilich nur geringen zu Gebote stehenden Schweissmenge aufzufinden.

Eine Portion Schweiss wurde während des Dampfbades in einem luftdicht schliessenden Kautschukbeutel, der am Vorderarm befestigt war, aufgefangen, 21 CC.

Der aufgefangene Schweiss zeigte sich etwas trübe, wohl vom Beutel herrührend, und wurde darum filtrirt und eingedampft. Im alkoholischen Auszuge zeigte sich eine reichliche Menge von Krystallen, welche sich unter dem Mikroskope leicht als Kochsalzkrystalle erkennen liessen. Eine kleine Menge davon in Wasser gelöst, gab mit Arg. nitr. einen dicken, käsigen, in NO_5 unlölichen Niederschlag: Chlor.

Von dem alkoholischen Extracte wurden zwei Proben untersucht. Die eine wurde mit Salpetersäure, die andere mit Oxalsäure versetzt. Bei beiden entstand keine merkliche Trübung.

Beide Proben wurden auch mit dem Mikroskope sorgfältig geprüft, es fanden sich aber keine Krystalle, welche sich als Harnstoffverbindungen hätten deuten lassen.[1])

---

1) Funke, Moleschott's Untersuchungen, Bd. III.

Anders als der Harnstoff verhielt sich das Kochsalz. Vor dem Schwitztage wurden bei täglich gleichbleibender Kochsalzaufnahme 9,07 Gramm; am Tage nach dem Schwitzversuche 10,19 Gramm; an jenem Tage selbst nur 6,8 Gramm Kochsalz entleert im Harne.

Zum Schlusse stelle ich wie bei den beiden ersten Reihen die Durchschnittsresultate zusammen.

Vom zweiten bis achten Versuchstage incl. wurden durchschnittlich in je 24 Stunden ausgeschieden:

im Harne:	im Kothe:	zusammen:
18,2 *N*.	1,7 *N*.	19,9 *N*.

In der Nahrung wurden eingeführt: 17,91 *N*.

Versuchsreihe Nr. IV.

Anfang: den 15. Juni 1861, Morgens 9 Uhr,
Ende: den 23. Juni, Morgens 9 Uhr.

Während der acht Beobachtungstage dieser Reihe blieben sich die eingeführten Nahrungsmengen vollkommen gleich mit Ausnahme des 21. Juni, an welchem keine Nahrung eingenommen wurde.

Die Nahrung bestand in Folgendem:

250 Grm.	Fleisch	=	8,5 Grm. *N* und	31,8 Grm. *C*
400 ,,	Brod	=	5,1 ,, ,, ,,	97,44 ,, ,,
70 ,,	Stärke	=	0 ,, ,, ,,	26,05 ,, ,,
70 ,,	Eier-Eiweiss	=	1,52 ,, ,, ,,	5,99 ,, ,,
70 ,,	Schmalz }	=	0,1 ,, ,, ,,	67,94 ,, ,,
30 ,,	Butter }			
10 ,,	Salz			
2100 CC.	Wasser.			
	Zusammen		15,22 Grm. *N* u.	228,7 Grm. *C*.

Das Verhältniss des *N* zum *C* in der Nahrung ist wie 1 : 15.

Die Resultate der Untersuchung giebt die Tabelle.

Datum 1861.	K. Gewicht.	Ausscheidung.				Nahrung. Gesammtgewicht von		Differenz der *N* Ausscheidung und *N* Aufnahme.
		$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	Koth.	Gesammtgewicht der *N* Ausscheid.	*N*	*C*	
15. VI.	74910	35,5	0,58	100	17,88	15,22	228,72	+ 2,66
16.	74540	30,7	0,70	40	15,67	,,	,,	+ 0,45
17.	73990	32,6	0,95	129	16,64	,,	,,	+ 1,42
18.	74110	32,1	0,5	158	16,25	,,	,,	+ 1,03
19.	73600	31,3	0,73	0	15,96	,,	,,	+ 0,74
20.	74110	31,0	0,6	109	15,78	,,	,,	+ 0,56
21.	73590	22,28	0,033	0	10,4	0	0	
22.	72350	29,3	0,6	0	14,98	15,22	228,72	+ 0,24
23.	72290			184				

Die am 15. und 16. Juni gelassenen 140 Gramm Koth wurden, durch Beeren abgegrenzt, als auf die Tage vor der Versuchsreihe gehörig weggeworfen.

In den auf die vorliegende Versuchsreihe treffenden 608 Gramm frischen Kothes fanden sich 157,65 Gramm fester, wasserfreier Substanz mit einem *N*-Gehalt von 5 %. Demnach wurden im Kothe ausgeschieden 7,88 Gramm *N*. Auf einen der sieben Beobachtungstage treffen demnach 1,12 Gramm *N* im Kothe. Diese Zahl wurde bei der Gesammtmenge des ausgeschiedenen *N* an jedem Tage zugerechnet.

Vom zweiten Versuchstage an sehen wir das Gleichgewicht zwischen Aus- und Einfuhr des *N* hergestellt. Auch in dieser Reihe findet sich annähernd eine gleiche Menge *N* in den 24stündigen Excreten des Körpers, als in der Nahrung eingeführt wurde.

Der Beobachtungsfehler liegt auch bei den Resultaten dieser Versuchsreihe auf der Plusseite, obwohl hier die Nahrung weit leichter und sicherer chemisch zu charakterisiren war als in der letztbesprochenen Reihe. Doch ist der Beobachtungsfehler viel geringer. Er beträgt vom zweiten Tage an gerechnet: 0,84 Gramm *N* mehr in 24 Stunden.

Am Hungertage, den 21. Juni, sehen wir die ausgeschiedene *N*-Menge um 5 Gramm sinken. Es wurden 10,4 Gramm *N* ausgegeben. Beziehen wir diese *N*-Menge auf eine Albuminzersetzung im hungernden Körper, so entspricht sie 54,45 Gramm trockenen Albumins. Um dieses Gewicht wurde demnach der hungernde Organismus eiweissärmer in den beobachteten 24 Stunden.

Den Tag nach dem Hunger wurde wieder die Kost der ersteren Versuchstage dieser Reihe genommen. Das a priori nach den Untersuchungen von Bischoff und Voit hierbei zu erwartende *N*-Deficit in den Excreten — der Körper ist nach dem Hunger *N*-ärmer und liefert darum weniger *N*-haltige Zersetzungsproducte — trat ein. Es beträgt absolut nur 0,24 Gramm *N* in den beobachteten 24 Stunden. Mit Zuschlag des Durchschnitts-Beobachtungsfehlers von 0,84 Gramm jedoch beläuft es sich auf 1 Gramm *N*.

Die vorliegende Versuchsreihe ist darum noch ganz besonders von Werth, da in ihr auch der in der Respirationsluft enthaltene *C* direct mit dem Apparate des Herrn Professor Petten-

kofer bestimmt wurde; und zwar am fünften Versuchstage, den 19. Juni 1861.

Wenn wirklich ein Gleichgewichtszustand im Organismus zwischen Aufnahme und Ausgabe eingetreten ist, so ist es unbedingt nothwendig, dass sich in den Excreten nicht nur soviel N wiederfinden lassen müsse, als in der eingeführten Nahrung enthalten war, sondern ebenso auch der C. Auf diese Weise besitzt man in der Bestimmung des einen Elementes eine Controle für die Bestimmung des andern.

Ist unsere Annahme richtig, dass in unseren Reihen dann ein vollkommener Gleichgewichtszustand zwischen Zufuhr und Bedarf eingetreten sei, wenn das Gewicht des in den Excreten gefundenen N mit dem in der Nahrung enthaltenen übereinstimmt: so ist es nöthig, dass wir im Stande sind, in den Excreten auch eine der eingenommenen Nahrung entsprechende C-Menge wieder zu finden. Ich gebe die Ergebnisse der Bestimmung in folgender kleinen Tabelle:[1])

Einnahmen:	N	C
In der Nahrung:	15,22	228,72
Ausgaben:		
Im Harne:	14,84	6,52
Im Kothe:	1,12	10,6
In der Respiration:	0	207,0!!
Zusammen:	15,96	224,6,

Wir sehen, das Resultat stimmt in einer Weise überein, wie man es bei so complicirten Verhältnissen, wie sie bei der Ernährung des Menschen statthaben, kaum erwarten dürfte.

Der Fehler der N-Bestimmung beträgt 4,8 %.

Der Fehler der Kohlenstoff-Bestimmung nur 2 %.

Ich glaube durch diesen Versuch für den Menchen den Beweis geliefert zu haben, dass, wenn ebensoviel N in den Excreten aufzufinden ist, als in der Nahrung gegeben wurde, ein wahrer Gleichgewichtszustand zwischen Aufnahme und Ausgabe eingetreten sei; dass dann auch der C der Excrete genau dem der eingeführten Nahrung entspricht.

Zum Schlusse gebe ich auch bei dieser Reihe noch die Durchschnittszahlen der Einnahme und Ausgabe an den einzelnen Versuchstagen.

---

1) Man sehe nach in der Haupttabelle dieser Reihe S. 249.

In dieser Reihe wurden in je 24 Stunden ausgeschieden:

im Harne:	im Kothe:	zusammen:
14,9 Grm. *N.*	1,12 Grm. *N.*	16,3 Grm. *N.*
6,5 ,, *C.*	10,7 ,, *C.*	17,2 ,, *C.*

In der Nahrung wurde gegeben:

15,22 Grm. *N* und 228,72 Grm. *C.*

Es bleiben demnach für die Respiration nach unserer Annahme des Gleichgewichts:

0 Grm. *N* und 211,5 Grm. *C.*

Gefunden wurde am 19. Juni in der Respirationsluft:

207 Grm. *C.*

§ 3.

Resultate.

Aus den hier mitgetheilten vier Versuchsreihen ergiebt sich:

1. Es ist bei einer gewissen Nahrung unter Bedingungen, die Bischoff und Voit für den Fleischfresser zuerst festgestellt haben, möglich, die *N*-Ausscheidung des Organismus so zu regeln, dass in den Excreten — Harn und Koth — nicht weniger *N* in 24 Stunden ausgeschieden wird, als während dieser Zeit in der Nahrung zugeführt wurde.

Erst mit dem Beweise dieses Satzes werden Ernährungsuntersuchungen am Menschen analog den von Bischoff und Voit angestellten möglich. Bei allen künftig an anderen Individuen anzustellenden derartigen Untersuchungen scheint mir vorerst der Beweis geliefert werden zu müssen, dass dies gelungen sei, ehe Schlüsse aus der ausgeschiedenen Harnstoffmenge auf die Vorgänge des Stoffwechsels gemacht werden.

2. Das Gleichgewicht in der *N*-Aufnahme und Ausgabe findet bei dem Menschen, wie dies Bischoff und Voit für den Fleischfresser nachgewiesen, erst dann statt, wenn nicht nur der *N*- sondern auch der *C*-Verbrauch des Organismus während der Versuchszeit vollkommen gedeckt ist. Mit dem Verhältnisse des *C* und *N* in der Nahrung schwankt bis zu einer gewissen Grenze die *N*-Ausscheidung in der Art, dass mit einer Mehrzufuhr von *C* die *N*-Ausscheidung abnimmt. — cfr. Versuch Nr. I.

3. Die directe C-Bestimmung im Pettenkofer'schen Apparate ergab für einen Versuchstag, an welchem nach meinen Annahmen das Gleichgewicht zwischen N-Zufuhr und Ausgabe eingetreten war, für den in der Respirationsluft während 24 Stunden ausgeschiedenen C das Gewicht von 207 Gramm.

Das C-Gewicht der Nahrung in den anderen Reihen mit Gleichgewicht der N-Aufnahme und Ausgabe lässt der Rechnung nach ganz ähnliche C-Grössen in der Respiration ausgegeben werden.

Für die erste Reihe berechnet sich für die C-Abgabe durch Haut und Lungen ein Gewicht von 205 Grm., für die zweite von 216 Grm.

Wir dürfen daraus annehmen, dass der Körper eines Individuums wie das hier zur Untersuchung benutzte bei gemischter Kost in 24 Stunden im Mittel etwa 210 Gramm C bei Körperruhe ausscheidet, dass er demnach in diesem Zustande einer Nahrungsmenge bedarf, welche ihm diese C-Menge für die Respiration zu liefern im Stande ist.

Diese Annahme findet durch einen unten angeführten Versuch Bestätigung, bei welchem bei der unbestimmten, gewöhnlichen gemischten Kost der höheren Stände in 24 Stunden die directe C-Bestimmung 215,7 Gramm ergab.

Aehnliche Werthe finden auch Scharling und Smith, während Barral 335 Gramm C in der Respiration berechnet. Letzterer Beobachter findet in den Excreten ein N-Deficit von 50 %, was mit meinen Beobachtungen demnach ebenfalls schlecht stimmt.

4. Zur Erreichung eines Gleichgewichtszustandes zwischen Nahrung und Ausfuhr ist kein constantes Verhältniss von N und C in der Nahrung erforderlich.

In den vorliegenden Reihen ist dies Verhältniss in Nr. I wie 1 : 11, in Nr. II. wie 1 : 15.

Es bestätigt dies den am Hunde gefundenen Satz, dass sich der Organismus auch des Menschen mit der gereichten Nahrung ins Gleichgewicht zu setzen vermag. Dieser letztere Satz wird ebenfalls durch die Anfangs-Beobachtungen einer jeden Versuchsreihe mit Ausnahme der zweiten, in welcher von vorne herein das richtige Verhältniss der Nahrung zum Körperzustand getroffen war, bestätigt.

Bei ungenügender Nahrung, mag es an N oder C fehlen, findet sich ein N-Ueberschuss in den Excreten gegenüber den Einnahmen — cfr. Reihe Nr. I, 1—4. Tag —, wie dies ebenfalls von Bischoff und

Voit am Hunde gesehen wurde. Nicht nur die Menge des Eiweisses, sondern auch des Fettes und der Kohlchydrate bestimmt den Umsatz; mehr Fett und Kohlehydrate setzen den Umsatz von N herab.

Zum Schlusse dieser Abtheilung meiner Untersuchung scheint es noch wünschenswerth, einige Auskunft darüber zu erhalten, aus welchen Gründen wohl der scheinbare Ueberschuss der N-Ausscheidung gegenüber der N-Aufnahme in der Nahrung sich erklären möge.

Zuerst ist hier daran zu erinnern, dass in den Bestimmungsmethoden der N-Zufuhr, so genau sie auch immcr sein mögen, doch eine niemals verschwindende Fehlergrenze existirt, welche die Resultate bis zu einem gewissen Grade zu alteriren im Stande ist.

Das in den drei letzten Reihen constant sich zeigende Plus in der N-Ausseheidung zeigt sich in den Gleichgewichtstagen der ersten Reihe nicht. Es scheint dies ein Beweis dafür zu sein, dass hier, wo nicht dieselbe Sorgfalt auf das Ausschneiden des Fleisches verwendet wurde wie später, die N-Zufuhr im Fleische etwas zu gross angenommen worden sei, indem in demselben wohl gewiss noch etwas Fett enthalten war, was als Fleisch in Rechnung gezogen wurde.

Später wurde das Fleisch mit der äussersten Sorgfalt ausgeschnitten. Es scheint wohl möglieh, dass während der Stunden, die hierzu erforderlich waren, die Fleischstückchen nicht ganz unbedeutend an Wasser verloren haben, so dass bei dem schliesslichen Wägen ein Fleisch von mehr trockener Substanz vorhanden war, als in die Rechnung eingesetzt wurde. Es würde dadurch eine etwas grössere N-Menge in den Organismus eingeführt worden sein, als der Annahme entspricht.

Zu diesen Fehlerquellen in der N-Bestimmung der aufgenommenen Nahrung kommen noch solche in der N-Bestimmung in den Excreten hinzu.

Zu der Harnstoffbestimmung wurde die Liebig'sche Titrirmethode angewendet. Wie dies näher in den analytischen Belegen sich dargelegt findet, ergiebt diese Methode, jedoch gegenüber den direct durch Verbrennen mit Natronkalk erhaltenen Resultaten ein freilich sehr geringes, doch nicht verschwindendes Plus, indem sich dasselbe bis auf 0,65 Grm. unter ungünstigen Verhältnissen in 24 Stunden zu steigern vermag.

Die Titrirmethode selbst erzielt auch nicht vollkommen constante Resultate.

Jeder, der mit Ueberlegung und Genauigkeit Harnstoffbestimmungen nach der Liebig'schen Methode gemacht hat, weiss, dass, so gross sie ist, die Genauigkeit der Methode doch ihre Grenze besitzt.

Die Geschicklichkeit der Untersucher mag verschieden sein. Bei meinen Untersuchungen war ich nur auf 0,2—0,3 CC. der zur Bestimmung verwendeten titrirten Quecksilberlösung genau.

Die einzelnen Proben einer einzigen zur Harnstoffbestimmung zugerichteten Harnmenge geben fast absolut übereinstimmende Resultate. Die Zurichtung verschiedener Harnmengen führt jedoch trotz aller angewendeten Sorgfalt die angegebene Fehlergrösse herbei.

Der Fehler erscheint verschwindend klein. Bedenkt man jedoch, dass die Harnstoffbestimmungen in nur 10 CC. des Harnes gemacht werden, dass aus der hierbei gefundenen Zahlengrösse auf die ganze Harnmenge gerechnet wird, so sehen wir, dass der Fehler sich bedeutend zu steigern im Stande sein muss, da ja in 24 Stunden der Mensch eine ziemlich grosse Harnmenge entleert.

In dem statt vieler in den analytischen Belegen angeführten Versuche betrug die in 24 Stunden ausgeschiedene Harnmenge 3150 CC. Der Fehler 0,3 CC. wird demnach mit 315 multiplicirt; er beträgt auf die ganze Harnmenge berechnet, 94,5 CC. und, da 1 CC. der in den Versuchen verwendeten Quecksilberlösung 0,1185 Gramm Harnstoff entsprach, 1,12 Gramm $\overset{+}{U}$ = 0,522 Gramm N.

Da die Harnstoff-Titrirmethode, wie alle Titrirmethoden, dem Principe nach einen minimalen Ueberschuss ergeben muss, liegt dieser Fehler auf der Plusseite.

Auch das Vorkommen von Kochsalz bedingt einen scheinbaren Ueberschuss in der Harnstoffbestimmung im Menschenharne, auch wenn es von der Harnstoffbestimmung mit Silberlösung ausgefällt worden ist, da man nicht bis an die äusserste Grenze der Chlorfällung gehen darf und doch jeder Rest von Kochsalz die Bestimmung des Harnstoffes etwas zu gross ausfallen lässt.

Wir dürfen uns darum nicht wundern, wenn wir bei der grössten Genauigkeit in Anstellung der Bestimmungen, oder vielleicht gerade deswegen, einem kleinen Fehler nach der Plusseite begegnen.

Zwölftes Capitel.

Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidungen des menschlichen Organismus unter dem Wechsel der Ernährungsbedingungen bei Muskelruhe.

---

§ 1.

Versuchsplan.

Die Untersuchungen des vorigen Capitels haben ergeben, dass auch bei dem Menschen der Harnstoff als Maass des Stoffumsatzes gelten kann; dass wir unter bestimmten Verhältnissen im Stande sind, in Harn und Koth soviel Stickstoff dem Gewichte nach wiederzufinden, als in der Nahrung gegeben wurde.

Mit dem Beweise dieses Satzes ist jedoch unsere Aufgabe noch nicht gelöst.

Wir haben, nachdem wir nun sicher sind, dass auf keinem anderen als den beiden von uns untersuchten Wegen eine erhebliche Stickstoffmenge den Körper uncontrolirt verlässt, dass sich also hierin die bisher exact, nach gleicher Methode untersuchten Organismen gleich verhalten, noch zu beweisen, dass auch in den übrigen Ernährungs- und Ausscheidungsvorgängen eine derartige Uebereinstimmung existirt.

Erst wenn wir diesen Satz erwiesen haben, können wir uns unserer Hauptaufgabe zuwenden.

Glücklicher Weise wird es nicht mehr nöthig sein, die Untersuchung in dem Maasse auszudehnen, als es bei der erstmaligen exacten Erforschung der Ernährungsgesetze — am Fleischfresser — nöthig war. Es wird genügen, nur die dort gefundenen wichtigsten Hauptfragen einer Prüfung für unser Versuchsobject zu unterwerfen, um

beurtheilen zu können, ob die Ernährungsverhältnisse hier und dort in Uebereinstimmung sich befinden.

Gehen wir sogleich zur Darlegung der angestellten Versuche selbst über.

§ 2.

Hunger.

Zur richtigen Beurtheilung der Beeinflussung, welche der Organismus durch den Wechsel mit verschiedenen Nahrungsmitteln erfährt, erscheint es wünschenswerth, denselben vorerst in dem Zustande möglichst vollkommener Unabhängigkeit von diesen Einflüssen der Beobachtung zu unterwerfen.

Wir dürfen wohl unbedenklich annehmen, dass wir während des ersten Hungertages noch einen normalen Organismus mit Ausschluss der gewöhnlichen Nahrungseinflüsse allein unter der Beeinflussung seiner animalen Functionen und der äusseren Lebensreize vor uns haben. Die inneren und die nach aussen wirkenden animalen Thätigkeiten haben hier noch ihren ungestörten Fortgang und selbst die psychische Stimmung — bei Gesunden wohl der feinste Fühlhebel der schwankenden körperlichen Zustände — zeigt sich noch äusserst wenig alterirt.

Wir dürfen annehmen, dass unter solchen Verhältnissen die aus dem inneren Zustande des Organismus nöthigen Substanz-Zersetzungen vor sich gehen; dass wir den absolut nöthigen Minimalwerth des Stoffverbrauches für das betreffende Individuum in seinem dermaligen Körperzustande erfahren werden.

Hungerversuch Nr. I.

Anfang: den 22. November, Mittags 12½ Uhr,
Ende: den 23. November, Mittags 12½ Uhr.

Den 21. November, Abends 5 Uhr, wurde die letzte Nahrung eingenommen. Den 22., Mittags 12½ Uhr begann der Versuch, 19½ Stunde nach der letzt vorhergegangenen Nahrungsaufnahme.

Das körperliche Befinden vollkommen normal; kein Schwächegefühl. Die Zimmertemperatur betrug im Durchschnitt 19,5° C. Während der Nacht der Schlaf unruhig; am 23. Morgens stellte sich Schwere im Kopf, Magendrücken und ziemliches Schwächegefühl ein.

Am Schlusse des Versuches waren 43½ Stunden seit der letzt vergangenen Nahrungsaufnahme verstriehen.

Vor dem Beginn des Versuches war eine Kothentleerung eingetreten, so dass nur noeh ein geringes Kothquantum von der letzt vergangenen Mahlzeit her im Darme vorausgesetzt werden durfte. Den 24. wurden 27 Gramm, auf den Tag vor dem Hunger bezüglichen Kothes entleert.

Im Folgenden stelle ich die Beobaehtungen während des Versuchstages tabellarisch zusammen.

Datum.	Grm. K. Gew.	CC. Wasser.	CC. Harn.	Grm. Harnsäure.	Grm. Harnstoff.	Grm. Koth.	Grm. *C* in Respirat.
22. XI.	69670	250	750	0,236	17,025	0	187 [1]
23.	68540					0	
24.						27	

Das Körpergewicht während des Hungertages fiel, da von beiden Gewichten 27 Gramm als nicht eigentlich zum Körper gehörig abgezogen werden müssen, von 69643 auf 68513 Gramm: eine Gewiehtsabnahme von 1130 Gramm.

Zur näheren Analyse des Gewiehtsverlustes, zur Bestimmung, welchen Antheil die Hauptkörperbestandtheile an demselben genommen haben, benutzen wir die im Harne ausgegebene *N*-Menge zur Bereehnung der umgesetzten *N*-haltigen Körperbestandtheile. Aus der *C*-Menge der Excrete berechnen wir die zersetzten *N*-freien Körperstoffe.

Da wir das Eiweiss als den vorzügliehsten Repräsentanten der im thierischen Organismus zur Zersetzung kommenden *N*-haltigen Körperbestandtheile betraehten dürfen, so rechnen wir den ausgeschiedenen *N* auf trockenes Albumin naeh der Formel von Mulder.

17,025 Harnstoff und 0,236 Harnsäure enthalten zusammen 8,024 Gramm *N*, entsprechend 50,688 Gramm Albumin. Diese Eiweissmenge besitzt einen *C*-Gehalt von 27,796 Gramm. Im Harne wurden entleert: 3,649 Gramm. Es bleiben demnaeh von dem zersetzten Eiweiss noch 24,15 Gramm *C* übrig, welche nicht in dem Harne entleert wurden. Die *C*-Ausseheidung in der Respiration zu 180,85 Gramm

1) Die Zahl wurde gefunden, als der Apparat noch etwas zu grosse Resultate ergab. Ich nehme im Folgenden die Mittelzahl 180,85 als richtig an.

angenommen, bleiben durch die Eiweisszersetzung noch ungedeckt 156,7 Gramm C, welche also von zersetzten N-freien Körperstoffen geliefert sein müssen. Rechnen wir auf Menschenfett nach der von Chevreul aufgestellten Formel [1], so entspricht die C-Menge einem Fettverbrauche von 198,1 Gramm.

Der Verlust an Albumin und Fett beträgt zusammen 50,688 + 198,1 = 248,79 Gramm; der Gewichtsverlust im Ganzen jedoch 1130 Gramm; der Ueberschuss von 881,21 Gramm Verlust bezieht sich zum beiweitem grössten Theile auf Wasserabgabe. Es tritt nur noch eine kleine Correctur — 7,74 Gramm — für die im Harne ausgeschiedenen Extractivstoffe und Salze ein.

Folgende Tabelle stellt diese Verhältnisse übersichtlich zusammen. Die Ausgaben als das hier direct Bestimmte stelle ich voran und lasse den aus jenen berechneten Körperverbrauch folgen.

Ausgaben.			Einnahmen.		
	N	C		N	C
17,025 Harnstoff	7,9455	3,5654	50,688 Gr. Albumin	8,024	27,796
0,236 Harnsäure	0,0786	0,0843	198,1 - Fett	—	156,7
In der Respiration	—	180,85			
zusammen	8,024	184,5	zusammen	8,024	184,5

Bei einem Mittelgewicht von 69,08 Kgrm. berechnet sich für 1 Kgrm. in 24 Stunden ein Verbrauch von:

0,116 Gramm N und 2,67 Gramm C.

Das Verhältniss des N-Verbrauches zu dem Verbrauche an C beträgt: 1 : 23.

Hungerversuch Nr. II.

Anfang: den 21. Juni 1861, 9 Uhr Morgens,
Ende: den 22. Juni, 9 Uhr Morgens.

Den 21. Juni wurde in eine anderweitige Versuchsreihe ein Hungertag eingeschoben.

Der Versuch begann 9 Uhr Morgens den 21., nachdem den Abend des vorhergehenden Tages um 4 Uhr zum letzten Male Nahrung ge-

1) Liebig, Thierchemie.

nommen worden war. Zwischen dem Beginne des Versuchs und der letzten Nahrungsaufnahme liegen 17 Stunden.

Bei Beginn der Untersuchung war das Befinden vollkommen normal. Die äussere Temperatur betrug im Schatten im Durchschnitte 25,4° C., wobei das Hitzegefühl sehr drückend war. Während des Tages blieb das Befinden ungestört. Nachts ruhiger Schlaf. Morgens ist der Kopf etwas eingenommen, Mattigkeit und etwas Zittern. Eine geringe Menge getrunkenen Wassers erregte lebhaftes Uebelsein. Am Ende des Versuches sind 41 Stunden seit der letztvergangenen Nahrungsaufnahme verstrichen.

Während des Versuches wurden vergleichende Temperatur- und Pulsbeobachtungen angestellt, erstere in der Mundhöhle. Folgende Tabelle giebt die beobachteten Zahlen.

Puls- und Temperatur-Beobachtungen.

Beobachtungszeit.	Aeussere Temperatur nach °C.	Körpertemperatur nach °C.	Pulsfrequenz.
9 Uhr früh 21.	23,4°	37,4°	88
12	25,3°	37,1°	66
3	27,6°	37,3°	66
6	26,3°	36,9°	64
9 Uhr Abend.	25,0°	37,1°	60
9 Uhr früh 22.	21,5°	36,8°	80
Im Mittel	25,4°	37,1°	71

Auffallend erscheinen die höheren Körpertemperatur- und Pulszahlen am Morgen des Beobachtungstages, was wohl auf Rechnung der mit dem Sich-Einsperren in den Respirationsapparat nothwendig verknüpften Aufregung zu setzen sein wird. Im Uebrigen sehen wir eine ziemliche Constanz mittlerer Verhältnisse; die an anderen Tagen während der Verdauungsperiode sich zeigende Temperatur- und Pulssteigerung findet sich bei Hunger natürlich nicht.

Folgende kleine Tabelle enthält die sonstigen Untersuchungsergebnisse.

Datum.	K. Gewicht	getr. Wasser. CC.	Harn. CC.	$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	Koth.	C der Respirat.
21. VI.	73590	2100	2234	22,28	0,033	0	180,8
22.	72354					0	
23.						184	

Von den 181 Gramm Koth, welche den 23. entleert wurden, fallen, durch die Beerenabgrenzung bezeichnet, 97 Gramm auf die Tage vor dem Hungerversuche; diese Zahl ist also von den beiden oben angegebenen Körpergewichtszahlen abzuziehen. Die wahren Gewichte sind demnach 73493 als Anfangs-, 72253 Gramm als Endgewicht. Die durch die Nahrungsenthaltung während der 24 Beobachtungsstunden erzeugte Gewichtsabnahme ist hiernach 1240 Gramm.

Zur Analyse des Verbrauches an den einzelnen Körperbestandtheilen dient wie oben der durch den Harn ausgeschiedene N und die theils dort, theils in der Respiration direct gefundene C-Menge.

In 22,28 Gramm $\overset{+}{U}$ — und 0,033 Gramm $\overset{-}{U}$ — wurden 10,4 Gramm N ausgeschieden, welche einer umgesetzten Albuminmenge von 65,7 Gramm entsprechen. Der C-Gehalt dieser Albuminmenge beträgt 36,029 Gramm. Im Harze wurden 4,46 Gramm C ausgeschieden; diese von der vom zersetzten Eiweisse gelieferten C-Menge abgezogen, bleiben noch für die Respiration 31,57 Gramm C. Die directe C-Bestimmung in der Athemluft ergab 180,8 Gramm. Die weiteren, im zersetzten Eiweisse nicht enthaltenen 149,23 Gramm C entsprechen 188,9 Gramm Menschenfett.

Der Verlust an Salzen war an dem vorliegenden Beobachtungstage ein ziemlich auffallender. Es wurden 11 Gramm Kochsalz entleert, obwohl natürlich keines aufgenommen wurde. Sollte mit dieser enormen Kochsalzausscheidung wohl die grosse Harnmenge zusammenhängen?

Die berechneten Albumin- und Fettmengen reichen beiweitem nicht hin, um daraus alle Gewichtsabnahme — 1240 Gramm — zu erklären, der Rest ist demnach auf Wasserverlust zu beziehen. Dies ist um so auffallender, wenn man berücksichtigt, dass an dem Versuchstage 2100 CC. Wasser getrunken wurden.

Im Folgenden stelle ich schematisch die elementare Zusammensetzung der Ausgaben neben einander mit den daraus berechneten wahrscheinlichen Substanzzersetzungen.

Ausgaben.	N	C	Einnahmen.	N	C
22,28 Gr. Harnstoff 0,033 - Harnsäure In der Respiration	10,4 0	4,456 180,8	65,7 Gr. Albumin 188,9 - Fett	10,4 0	36,03 149,23
Zusammen	10,4	185,26	Zusammen	10,4	185,26

Bei einem Mittelgewicht des Körpers von 72,87 Kgrm. verbrauchte in 24 Stunden 1 Kgrm.:

0,1427 N und 2,54 C.

Das Verhältniss des N-Verbrauches zu dem C-Verbrauche beträgt:

1 : 18.

Hungerversuch Nr. III.

Anfang: den 2. Juli 1861, 9 Uhr Morgens,

Ende: den 3. Juli, 9 Uhr Morgens.

Den 1. Juli, Morgens 10 Uhr, wurde vor dem Versuche die letzte Nahrung genommen. Der Versuch begann den 2. Juli, Morgens 9 Uhr, so dass 23 Stunden zwischen der letzten Nahrungsaufnahme und dem Beginne der Untersuchung liegen.

Das körperliche Befinden bei Beginn des Versuches normal. Während des Versuchstages wurde kein Wasser getrunken.

Die äussere Durchschnittstemperatur war während des Versuchstages 16,4° C.

Vor Beginn des Versuches war aller auf die Tage vor dem Versuchstage treffender Koth entleert.

Folgende Tabelle giebt die gefundenen Resultate.

Datum.	K. Gewicht.	Harn. CC.	$\overset{+}{U}$	$\overline{U}$	Kochsalz.	Koth.	C der Respirat.
2. VII. 3.	72440 71050	832	18,3	0,24	5,3	0	180,9
Abnahme:	1390						

In 18,3 Gramm Harnstoff und 0,24 Gramm Harnsäure wurden 8,62 Gramm N ausgeschieden, welche 54,453 Gramm Albumin entsprechen. Diese Albuminmenge enthält 29,86 Gramm C. Als Harnsäure und Harnstoff wurden 3,75 Gramm C entleert, es bleiben von dem

Albumin noch 26,11 Gramm C für die Respiration. Die directe Bestimmung des C in der Athemluft ergab 180,9 Gramm. Die noch dazu erübrigenden 154,79 Gramm C entsprechen einer Zersetzung von 195,94 Gramm Fett.

Da der gesammte Körpergewichtsverlust 1390 Gramm beträgt und nur die oben angegebenen Gewichte an festen Bestandtheilen entleert wurden, so haben wir auch hier eine bedeutende Wasserabgabe des hungernden Organismus anzunehmen. Hier lässt sich diese leicht erklären, da gar kein Wasser getrunken wurde, während doch im Harne 821 Gramm und in der Respiration gewiss auch eine ziemliche Menge ausgegeben wurde.

Die schematische Darstellung wird den Ueberblick erleichtern.

Ausgaben.			Einnahmen.		
	N	C		N	C
18,3 Gr. Harnstoff	8,54	3,66	54,45 Gr. Albumin	8,62	29,86
0,24 - Harnsäure	0,08	0,09	195,94 - Fett	0	154,79
In der Respiration	0	180,9			
Zusammen	8,62	184,65	Zusammen	8,62	184,65

Bei einem Mittelgewicht von 71,79 Kgrm. treffen auf 1 Kgrm. in 24 Beobachtungsstunden als Ausscheidung:

0,12 Gramm N und 2,572 Gramm C.

Das Verhältniss des N in den Ausscheidungen zu dem C ist:

1 : 21,4.

In den im Folgenden gegebenen vergleichenden Tabellen habe ich eine Rubrik »Wasserausscheidung durch Haut und Lungen« beigefügt. Diese Grösse wurde nicht direct gefunden. Sie ist die Differenz zwischen dem aus der N- und C-Ausscheidung gerechneten Verluste an festen Körperstoffen mit Einrechnung der ausgeschiedenen Harnsalze und des Wassers im Harne — und dem Gesammtgewichtsverluste des Körpers, wozu noch das getrunkene Wasser zugerechnet wurde.

Nr. I. Tabelle über die Hungertage.

Datum.	Aeussere Temperatur in °C.	Getrunkenes Wasser in CC.	Mittleres Körpergewicht in Kgrm.	Nierenausscheidung.			Haut- und Lungenausscheidung.		Gesammt-Körpergewicht Verlust.
				N Gr.	*C* Gr.	*HO* Gr.	*C* Gr.	*HO* Gr.	
22/11. 60.	19,5°	250	69,08	8,02	3,65	740	187?	609	1130
21/6. 61.	25,4°	2100	72,87	10,4	4,6	2214	180,8	1080	1240
2/7. 61.	16,4°	0	71,79	8,62	3,75	821	180,9	537	1390
Im Mittel			71,25	9,01	4	1258	180,85	742	1253

Nr. II Tabelle der Ausscheidungen bei Hunger, auf 1 Kgrm. berechnet.

Datum.	*N* Gramm.	*C* Gramm.	*N* : *C*
22. Nov. 60.	0,116	2,67 ?	1 : 23
21. Juni 61.	0,143	2,54	1 : 17
2. Juli 61.	0,12	2,57	1 : 21,4
Im Mittel	0,126	2,59	1 : 20,5

1. Als Resultat der vorstehenden Untersuchung über den Hunger stellen sich für *C*- und *N*-Ausscheidung folgende Mittelwerthe heraus, geltend für einen gesunden ruhenden Menschenorganismus meiner damaligen Constitution:

für ein Mittelgewicht von 71,25 Kgrm.	berechnet auf 1 Kgrm.
9,01 Grm. *N*.	0,126 Grm. *N*.
184,85 ,, *C*.	2,59 ,, *C*.

Das mittlere Verhältniss der *N*- zur *C*-Ausscheidung ist bei Hunger: 1 : 20,5.

Die *N*-Ausscheidung fällt demnach unter diesen Verhältnissen rascher als die *C*-Ausscheidung im Vergleiche mit den bei gemischter Nahrung gefundenen Resultaten.

2. Die in den vorstehenden vergleichenden Tabellen zusammengestellten Ausscheidungsgrössen zeigen trotz der ziemlichen Verschiedenheit der Verhältnisse, unter welchen sie gewonnen wurden, eine auffallende Uebereinstimmung: mit Ausnahme der Wasserausscheidung durch die Nieren und in der Respiration.

Bemerkenswerth ist, dass bei der enormen Temperaturhöhe am 21. Juni 1861 die auf die Respirationsausscheidung berechnete Wassermenge fast das Doppelte, als an den beiden anderen weniger warmen Versuchstagen beträgt; und zwar kann dieses Resultat durch die mögliche Grösse des Fehlers der indirecten Bestimmungsmethode nicht wesentlich alterirt werden.

Ich glaube diese Beobachtung als einen vorläufigen Beweis für das Bestehen einer Wärmecompensations-Einrichtung im Organismus ansehen zu dürfen, welche einen ihrer Hauptfactoren in der Wasserverdunstungsgrösse besitzt.

Schliesslich mache ich noch darauf aufmerksam, dass die bedeutendste Wasserausscheidungsgrösse durch die Nieren ebenfalls am 21. Juni mit einer Kochsalzausscheidung von 11 Gramm verbunden war. Am Hungertage Nr. III. betrug die Kochsalzausscheidung 5,3 Gramm.

Die mitgetheilten Resultate stimmen ziemlich vollständig mit den am Hunde gefundenen überein. Auffallend ist, dass der so viel weniger wiegende Hund am ersten Tage des Hungers ziemlich die gleiche $\overset{+}{C}$-Menge ausscheidet wie der Mensch. Es beweist dies, dass er im Verhältnisse zu seinem Körpergewicht bedeutend mehr N verbraucht als der Mensch, ein Verhältniss, welches wohl darauf beruht, dass der Hund ziemlich viel weniger Fett im Verhältniss zum Eiweisse als Körperbestandtheil enthielt, als das von mir beobachtete Individuum.

§ 3.

Fleischnahrung.

Am Fleischfresser gewonnene Resultate lassen es erwarten, dass wie jener so auch der Mensch im Stande sein werde, durch eine nur aus Fleisch bestehende Nahrung alle Bedürfnisse seines Organismus zu decken.

Allein ganz abgesehen von der Unmöglichkeit, ohne eine, manche Zuthaten, besonders Fett, erfordernde Zubereitung eine entsprechende Fleischmenge zu geniessen, lässt schon die einfache Betrachtung der für eine Ernährung allein aus Fleisch nothwendig werdenden Gewichtsmengen der Nahrung eine bedeutende Schwierigkeit dieses Versuches, wenn nicht seine Unmöglichkeit erkennen.

Nehmen wir 200 Gramm C als die wahrscheinliche Respirationsausscheidung während 24 Beobachtungsstunden an, so bedürfen wir allein zur Deckung dieses Verbrauches 1599 Gramm fettfreies Fleisch. Diese Fleischmenge enthält 54,4 Gramm N. Um für diese N-Menge die zur Harnstoffbildung erforderliche C-Menge zu erhalten, bedarf es einer weiteren Zersetzung von 200 Gramm Fleisch, so dass die erforderliche Fleischmenge 1800 Gramm beträgt mit einem N-Gehalte von 61,1 Gramm entsprechend 131,1 Gramm Harnstoff!!

Es wird sich fragen, ob der Mensch im Stande ist, eine so enorme Fleischmenge, beinahe 4 Zollpfund, zu geniessen, zu verdauen und umzusetzen. Besonders gegen das erste Moment lassen sich schon a priori gegründete Bedenken erheben.

Ich gehe sogleich zur Besprechung der drei angestellten Versuche selbst über, indem ich zuerst den der Zeit nach am spätesten angestellten Fleischtag betrachte, weil an diesem eine directe C-Bestimmung in der Respirationsluft vorgenommen wurde, was zur Beurtheilung des Resultats ganz unumgänglich nöthig erscheint.

Fleischversuch Nr. I.

Anfang: den 19. Juli 1861, Morgens 9 Uhr,
Ende: den 20. Juli, Morgens 9 Uhr.

Vor dem Versuche hatte die letzte Nahrungsaufnahme am 18., Mittags 1 Uhr stattgefunden. Zwischen dieser und dem Beginne des Versuches waren 20 Stunden verflossen; der Körper befand sich demnach im Zustande der Inanition.

Das Allgemeinbefinden vor Beginn des Versuches war ganz normal.

Die äussere Temperatur während der 24 Beobachtungsstunden betrug im Mittel 21,5° C.

1917 Gramm mageres Kuhfleisch wurden durch Ausschneiden vollkommen vom Fette befreit. Die Zubereitung geschah mit dem möglichen Minimum von Fett, 74 Gramm, mit welchem das Fleisch theils gebraten, theils gehackt gedämpft wurde.

Sogleich bei Beginn des Versuches wurden davon 500 Gramm gegessen. Mittags 1 Uhr 1000 Gramm. Abends um 7 Uhr wurde der Rest zu nehmen versucht. Der Widerwille gegen das Fleisch war jedoch schon zu einer solchen Höhe gestiegen, nebenbei war das Gefühl der Magenbelästigung schon so bedeutend, dass 48,4 Gramm des

zubereiteten Fleisches nicht mehr genossen werden konnten. Getrocknet wog diese Fleischmenge 20,5 Gramm, was einem Rohgewicht von 85,1 Gramm entspricht. Es konnten also dem Körper nicht mehr als 1832 Gramm rohes fettfreies Kuhfleisch aufgebürdet werden.

Folgende Tabelle stellt die Verhältnisse, wie sie an dem Versuchstage beobachtet wurden, zusammen.

Datum.	K. Gew.	Fleisch Grm.	Fett Grm.	Wasser CC.	Harn CC.	$\overset{+}{U}$ Grm.	$\overset{-}{U}$	C der Respiration.	Koth.
19. VII. 61.	73140	1832	74	3371	3073	86,3	1,95	231,2	185
20.	72880								108
21.									19

Mit dem Fleische waren 31 Gramm Kochsalz genommen worden. Im Harne fanden sich 26,6 Gramm.

Ausserdem wurden noch die Schwefel- und Phosphorsäure im Harne bestimmt. Die enormen Grössen betrugen:

Schwefelsäure 6,76 Gramm, Phosphorsäure 7,98 Gramm.

Das Befinden war durch Magendrücken sehr gestört, wozu sich noch eine grosse Mattigkeit und Ekel gesellte. Der Durst war sehr bedeutend.

Sogleich nach der ersten Nahrungsaufnahme wurden 185 Gramm Koth entleert, welche als zu früheren Tagen gehörig vom Anfangsgewichte abzuziehen sind. Sonnabend den 20. Juli, 11 Uhr Morgens, zwei Stunden nach Beendigung des Versuches, wurden 108 Gramm entleert. Durch Beeren und Farbe liessen sich 28 Gramm leicht als auch noch auf die Tage vor dem Versuchstag gehörig abgrenzen, 80 Gramm waren Fleischkoth. Der grösste Theil des unverdauten Fleisches war damit schon zur Defaecation gekommen. Am folgenden Tage wurden nur noch 19 Gramm Fleischkoth entleert. Auch nach einer so bedeutenden Fleischmenge, wie sie hier genommen wurde, sehen wir die Verdauung schon nach 24 Stunden beendigt, bei einer geringeren Menge ist dies wohl noch früher anzunehmen. Ich erinnere hier an die Beobachtungen Voit's am Hunde.

Nach Abzug dieser Kothgewichte vom Anfangs- und Endgewichte des Körpers ergeben sich für ersteres 72,927 Kgrm., für letzteres 72,781 Kgrm., eine Gewichtsabnahme von 146 Gramm, trotz der Aufnahme der grösstmöglichen Fleischmenge.

86,3 Grm. $\overset{+}{U}$ enthalten 40,28 Grm. N, 1,95 Grm. $\bar{U}$ 0,65 Grm. N, zusammen 40,93 Grm. N, entsprechend 1203,9 Grm. Fleisches von der Zusammensetzung des aufgenommenen. Diese Fleischmenge enthält 150,62 Grm. C, davon wurden im Harne 17,96 Grm. entleert. Es bleiben demnach für die Respiration noch 132,66 Grm. C. Da jedoch im Ganzen in der Athemluft 231,2 Grm. C ausgeschieden wurden, so erübrigen noch 98,54 Grm. C, welche sicher aus einer anderen Quelle, als der, welche den ausgeschiedenen $\overset{+}{U}$ geliefert, abzuleiten sind. In den 50 Gramm zur Zubereitung des Fleisches verwendeten Fettes wurden 50,27 Gramm C eingeführt. Der noch erübrigende Rest, 48,27 Gramm, wurde wohl durch Zersetzung nicht N-haltiger Körperbestandtheile gewonnen.

Im Kothe[1]) wurden 3,26 Gramm N entleert, welche 95,9 Gramm frischen Fleisches entsprechen. Rechnet man dazu die 1203,9 Gramm zersetzten Fleisches, so finden sich in den Excreten die Reste von 1299,7 Gramm Fleisch. 1832 Gramm wurden aufgenommen, 532,3 Gramm verblieben demnach im Organismus.

In Folge des übermässigen Fleischgenusses trotz der enormen Wassereinnahme sehen wir eine Gewichtsabnahme des Körpers eintreten um 146 Gramm. Der angenommene Gewichtsverlust an Körperfett beträgt 89,6 Gramm. Bedenkt man noch, dass nebenbei noch ein Eiweissansatz von 532,3 Gramm Fleisch stattgefunden hat, so sind wir gedrängt, eine Ausgleichung durch Wasserabgabe anzunehmen, wie sie ebenso bei Hunden bei reichlicher Fleischfütterung und Fleischansatz beobachtet wurde.

Folgendes Schema erleichtert den Ueberblick.

Einnahmen.			Ausgaben.		
	N	C		N	C
1832 Gr. Fleisch	62,29	229,36	86,3 Gr. Harnstoff	40,28	17,26
70 - Fett	0	50,27	1,95 - Harnsäure	0,65	0,7
			99 - Koth	3,26	14,88
Zusammen	62,29	279,63	In der Respiration	0	**231,2**
			Zusammen	44,19	264,04

1) Vergleiche die analytischen Belege.

Es ergiebt sich, dass Einnahmen und Ausgaben nicht übereinstimmen. Rechnet man zu den Einnahmen noch 75,14 Gramm Körperfett mit 51,05 Gramm *C*, zu den Ausgaben noch dem Ansatz von Substanz entsprechend 532,3 Gramm rohen Fleisches mit einem *N*-Gehalt von 18,1 Gramm und 66,64 Gramm *C* hinzu, so gleichen sich Einnahmen und Ausgaben aus. Es beträgt dann die Einnahme in Summa 62,29 Gramm *N*, 330,68 Gramm *C*, die Ausgabe ebensoviel.

In 24 Stunden bei einem Mittelgewichte von 72,85 Kgrm. schied 1 Kgrm. aus:

0,5618 Gramm *N* und 3,42 Gramm *C*.

Das Verhältniss des *N* zum *C* in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 6,08 !

Fleischversuch Nr. II.

Anfang: den 7. November 1860, 4 Uhr Nachmittags,
Ende: den 8. November, 4 Uhr Nachmittags.

Das in diesem Versuche angewendete Fleisch war Rehfleisch. Es wurde sorgfältig von allem Fette befreit, was um so leichter möglich ist, als die Muskeln des Schenkels wenigstens zwar mit ziemlich viel Fett umgeben, in ihrer Substanz selbst aber ganz fettlos sind.

Der *N*-Gehalt des Fleisches wurde von mir selbst bestimmt, ich fand ihn zu 3,305 % des frischen Fleisches.

Der Versuch schloss sich der ersten Reihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme an.

Die Beobachtung begann Nachmittags 4 Uhr. Um 5 Uhr wurde die grösste Menge des Fleisches und zwar gebraten mit 80 Gramm Fett, auf einmal, 24 Stunden nach der letzten Mahlzeit, genommen; Abends 7 Uhr noch eine ganz kleine Menge als Rest.

Der *C*-Gehalt der Respirationsluft wurde nicht bestimmt.

Folgende kleine Tabelle stellt die beobachteten Verhältnisse zusammen.

Datum.	K. Gew.	Fleisch	Fett	Wasser	Salz	Harn	$\overset{+}{U}$	$\bar{U}$	Koth.
7. XI. 60.	68550	2009	80	1400	14	2260	75	2,11	12,1
8.	67610								0
9.									259
10.									28

Nach dem Essen heftiger Durst, Wasser erregte Brechneigung, darum wurden trotz des Durstes nur 1400 CC. Wasser getrunken. Bedeutendes Hitzegefühl mit Schweiss. Nachts unruhiger Schlaf, Magendrücken. Am Morgen Kopfschmerz, Brechneigung, Widerwillen gegen jede Nahrung mit grossem Schwächegefühl.

Im Gefolge der Fleischnahrung trat Darmverstopfung ein. Mittwoch den 7. wurden 12 Gramm auf den vorangegangenen Tag gehörigen Kothes entleert. Donnerstag kein Koth. Freitag Morgens 259 Gramm, von denen nach der durch Beeren möglich gemachten Abgrenzung 35,5 Gramm auf den Tag vor dem Versuche gehören; am Abend noch 28 Gramm Fleischkoth als Rest desselben. Im Ganzen wurden 251,5 Gramm Fleischkoth entleert mit einem N-Gehalt der frischen Substanz von 3,26 %; danach berechnen sich für die ganze Kothmenge 8,2 Grm. N. Diese Menge entspricht 248,1 Gramm rohen Rehfleisches, welches Gewicht als nicht resorbirt von dem Aufnahmsgewicht, 2009 Gramm abzuziehen ist. Es dürfen demnach 1760,9 Gramm als wirklich vom Organismus aufgenommen betrachtet werden.[1])

Im Harne wurden 75 Gramm $\overset{+}{U}$ und 2,11 Gramm $\overset{-}{U}$ entleert mit einem N-Gehalt von 35,7 Gramm. Diese N-Menge entspricht 1080,2 Gramm Fleisch. Da nun 1760,9 Gramm verdaut wurden, so müssen 680,7 Gramm im Körper als irgendwie zurückgehalten betrachtet werden.

Die 1080,2 Gramm wirklich zersetzten Fleisches besitzen einen C-Gehalt von 135,2 Gramm. Die 84 Gramm genossenen Fettes 54,3 Gramm C.

Die bisherigen Erfahrungen lassen erkennen, dass 135,2 Gramm C für die Respirationsausscheidung nicht hinreichend ist. Auch mit dem C des mit aufgenommenen Fettes erreicht die für die Respiration verfügbar werdende C-Menge noch nicht die bei Hunger beobachtete Höhe, da für den C des Harnstoffes und der Harnsäure von dem Gesammtgewicht noch 15,75 Gramm abgezogen werden müssen.

---

1) Ich vergesse hier nicht, dass aus dem Darme zu den Speiseresten auch noch N-haltige Stoffe sich zumischen, z. B. Darmepithelien etc. Die Menge derselben kann manchmal wohl ziemlich bedeutend sein, doch glaube ich sie hier bei den grossen in Frage kommenden Mengen wohl ausser Berechnung lassen zu dürfen. Das Nähere darüber im Anhange zu Capitel XIX am Schlusse der ganzen Untersuchung.

Es erscheint nach diesen Betrachtungen mehr als wahrscheinlich, dass auch hier ein Verbrauch von Körperfett stattgefunden habe. Wie gross derselbe war, lässt sich, da keine *C*-Bestimmung der Athemluft vorgenommen wurde, nicht bestimmen.

Ich mache hier noch auf die grosse, nach der Annahme von Bischoff und Voit beim Hunde, auch hier allein auf Wasserverlust zu beziehende Körpergewichtsabnahme während der 24 Beobachtungsstunden aufmerksam; sie beträgt 1179 Gramm mit Rücksicht auf den Koth.

In 2009 Gramm Fleisch wurden aufgenommen: 66,3 Gramm *N*.
Ausgeschieden wurden:

als Harnstoff	35,0	,,	,,
als Harnsäure	0,7	,,	,,
als Koth	8,2	,,	,,
Zusammen	43,9	Gramm	*N*.

Demnach blieben im Körper zurück: 22,4 Gramm *N*, entsprechend 680,7 Gramm Fleisch.

In 24 Stunden verbrauchte 1 Kgrm. bei einem Mittelgewicht von 67,93 Kgrm.: 0,5257 Gramm *N*.

Fleischversuch Nr. III.

Anfang: den 4. Februar 1861, 9 Uhr Morgens.
Ende: den 5. Februar, 9 Uhr Morgens.

Dieser Versuch schloss sich der dritten Versuchsreihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme an.

Der *C*-Gehalt der Respirationsluft wurde nicht bestimmt.

Der Versuch hat, obwohl hier nur eine geringere Fleischmenge eingenommen wurde, deswegen ein weiteres Interesse, weil es möglich war, auf ihn noch einen Beobachtungstag folgen zu lassen, was bei den beiden anderen Fleischversuchen durch den eingetretenen Gastricismus vereitelt wurde.

Den 3. Februar, Mittags 3½ Uhr, wurde vor dem Versuche die letzte Nahrung aufgenommen. Mittags 12 Uhr den 4. Februar, also 20½ Stunde nach der letzten Nahrungsaufnahme, wurden 1281 Gramm fettfreien Ochsenfleisches mit 78 Gramm Fett gebraten genossen.

Folgende Tabelle stellt die Beobachtungen zusammen.

Datum.	K. Gewicht	Fleisch	Fett	Wasser	Harn	$\overset{+}{U}$	$\overline{U}$	Koth.
4. II. 61.	71090	1281	78	2000	2180	69,44	1,5	91
5.	70110							49
6.								195

Den 4. und 5. Februar wurden zusammen 140 Gramm Koth entleert, welche auf die Tage vor dem Versuchstage zu beziehen sind. Den 6. wurden 195 Gramm Fleischkoth, aller, entleert mit 5 Gramm *N*. 5 Gramm *N* entsprechen 147 Gramm rohen Fleisches, welche ich mit Vorbehalt der obigen in der Anmerkung gegebenen Einschränkung von dem genossenen als unverdaut abziehe. Es wurden demnach 1134 Gramm Fleisch wirklich verdaut.

69,44 Gramm $\overset{+}{U}$ und 1,5 Gramm $\overline{U}$ enthalten 32,91 Gramm *N*, entsprechend 969 Gramm Fleisch. 166 Gramm des genossenen Fleisches wurden demnach im Organismus zurückgehalten.

953,2 Gramm Fleisch enthalten 119,3 Gramm *C*. Im Harne wurden 14,4 Gramm entleert; es bleiben demnach für die Respiration 104,9 Gramm *C*. 78 Gramm Fett enthalten 61,7 Gramm *C*. Auch hier muss angenommen werden, dass noch neben der Nahrung Fett vom Körper verbraucht worden sei, um das Respirationsbedürfniss zu decken.

Die Abnahme des Körpers beträgt mit Berücksichtigung des Kothes 1085 Gramm.

In 1281 Gramm Fleisch wurden gegeben:	43,55	Gramm	*N*.
Ausgeschieden wurden:			
als Harnstoff	32,41	,,	,,
als Harnsäure	0,5	,,	,,
als Koth	5,0	,,	,,
Zusammen	37,91	Gramm	*N*.

Im Körper blieben zurück: 5,64 Grm. *N*, entsprechend 166 Grm. Fleisch.

Bei einem Mittelgewicht von 70,43 Kgrm. schied in 24 Stunden 1 Kgrm. im Harne aus: 0,4672 Gramm *N*.

An den Fleischtag schloss sich noch ein Versuchstag an — vergleiche Versuchsreihe Nr. III. — an welchem in der Nahrung neben einer genügenden *C*-Menge 17,91 Gramm *N* gegeben wurde.

Es wurden 49,9 Gramm $\overset{+}{U}$ und 2,2 Gramm $\overline{U}$ ausgeschieden mit einem *N*-Gehalt von 24,02 Gramm. Dazu kommen im Kothe noch

1,7 Gramm N, sodass im Ganzen 25,72 Gramm entleert wurden, 7,81 Gramm mehr als in der Nahrung enthalten waren.

In der Nahrung wurden gegeben:	17,91	Gramm	N.
Ausgeschieden wurden:			
als Harnstoff, 49,9 Gramm:	23,29	,,	,,
als Harnsäure, 2,2 ,,	0,73	,,	,,
als Koth	1,70	,,	,,
Zusammen	25,72	Gramm	N.
Ein Ueberschuss von	7,81	,,	,,

Wir sehen in diesem Falle nach einer bedeutenden N-Zufuhr die N-Ausscheidung den folgenden Tag noch gesteigert.

Gegen eine Zurückhaltung des $\overset{+}{U}$ im Blute und Ausscheidung am folgenden Tage spricht der Umstand, dass in dem vorhergehenden Versuch mit 1851 Gramm Fleisch durchaus nicht das mögliche Maximum der $\overset{+}{U}$-Ausscheidung erreicht war.

Aus den drei Fleischtagen ergiebt sich für das untersuchte Individuum:

1. Trotz der aufgenommenen grossen Fleischmengen sehen wir in jedem Falle eine nicht unbedeutende Gewichtsabnahme eintreten.

2. Rechnet man aus der im Harne entleerten N-Menge auf Fleischzersetzung, so ist die so gefundene Fleischmenge nicht genügend, allen für die Respirationsausscheidung nöthigen C zu liefern. In dem ersten Versuche wurde dies durch die directe C-Bestimmung nachgewiesen. In den beiden letzten würde die allein durch Fleischzersetzung gelieferte C-Menge nur um ein Geringes die bei Hunger ausgeschiedene C-Menge überschreiten; es ist darum mit Sicherheit anzunehmen, dass auch hier eine Mehrzersetzung stattgefunden habe.

Ich war nicht im Stande, durch die Aufnahme von den grösstmöglichen Quantitäten Fleisches den Gesammtstoffverbrauch zu decken.

3. Wie schon die im Vorstehenden formulirte Erfahrung gegen die Möglichkeit einer alleinigen Ernährung des Menschen mit Albuminaten spricht, so macht diese Möglichkeit die weitere Erfahrung noch unwahrscheinlicher, dass, wenn die theoretisch geforderte Fleischmenge aufgenommen wurde, beide Male ein ziemlich bedeutender Gastricismus eintrat.

4. Für die Lehre von der Verdauung ergiebt sich der nicht unwichtige Satz, dass es nicht gleichgültig sei, ob man dem Organismus

auf ein oder mehrere Male die Verdauung einer bestimmten Fleischmenge zumuthet.

In Fleischversuch Nr. II. und Nr. III. wurden die bedeutenden Fleischmengen auf ein Mal genossen. Bei Nr. I. in mehreren Sitzungen.

Bei Nr. I. wurden im Kothe 3,26 Gramm N — entsprechend einer Fleischmenge von 96 Gramm — entleert. Von den 1832 Gramm zugeführten Fleisches wurden 5,24 % nicht aufgenommen.

Bei Nr. II. wurden in 251,5 Gramm Koth 8,2 Gramm N — entsprechend 248 Gramm Fleisch — entleert. Von 2009 Gramm wurden 12,34 % nicht aufgenommen.

Bei Nr. III. wurden im Kothe 5 Gramm N entleert, entsprechend 147 Gramm Fleisch. Von 1281 Gramm Fleisch wurden 12,18 % nicht verdaut.

Die Verdauungsgrösse für Fleisch bei einmaliger Nahrungszufuhr beträgt demnach 88 %.

Bei mehrmaliger Zufuhr kann die Verdauungsgrösse auf 95 % gesteigert werden.

Die Uebereinstimmung der vorliegenden Resultate mit den von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen ist weniger deutlich als bei den vorhergehenden. Wir treffen hier auf Unterschiede des Omnivoren von den Fleischfressern in Beziehung auf die Ernährung.

Der nur halb so schwere von Bischoff und Voit zu ihren Untersuchungen benutzte Hund vermag ganz gut 2500 Gramm ausgeschnittenes, fettfreies Fleisch zu fressen, zu verdauen und umzusetzen; der Mensch vermag dies nicht, wenigstens nicht das untersuchte Individuum. Es tritt hier gewiss die Einwirkung der Gewöhnung unseres Darmes an gemischte und darum weniger reichliche Kost in Wirksamkeit.

Die Beobachtung jedoch, dass von dem aufgenommenen Fleische angesetzt wurde, während noch Fett vom Körper sich verbrauchte, steht wie es scheint noch principieller einer vollkommenen Identificirung des Menschen mit dem Hunde in Beziehung auf seine Ernährungsverhältnisse entgegen. Bei letzterem wurde dies, soviel mir bekannt, bisher noch niemals beobachtet.

Ich glaube annehmen zu müssen, dass dies Verhältniss darin seinen Erklärungsgrund finde, dass, wie dies schon oben angegeben, der Mensch im Vergleiche mit dem Hunde bei weitem fettreicher und

eiweissärmer zu sein pflegt, sich meist in einem gemästeten Zustand befindet. Es wird dadurch unmöglich, das Fett von der Concurrenz an der Ernährungsarbeit auszuschliessen.

Es ist jedoch nicht ganz unwahrscheinlich, dass vollkommen gesunde, möglichst fettlose Menschen im Gegensatze zu meinen Beobachtungen im Stande sein könnten, allein mit Aufnahme von Albuminaten, wie dies der Hund im Stande ist, das Ausscheidungsgleichgewicht zu erreichen.

In folgender Tabelle stelle ich die Resultate der drei vorliegenden Versuchstage übersichtlich zusammen.

Tabelle über drei Tage mit Fleischnahrung.

Datum.	Mittleres Körpergewicht in Kgrm.	Gewichts-Abnahme	Nahrung.			Ausscheidungen.						
			Fleisch	*N*	*C*	$\overset{+}{U}$	$\overline{U}$	*N*	*C* in Harn u. Respir.	*C* des zers. Fleisches, a. d. *N* ber.	Koth	*N*
19. VII. 61	72,85	146	1832	62,3	229,4	86,3	1,95	40,93	249,2	150,6	99	3,26
7. XI. 60	67,91	1179	2009	66,3	251,5	75	2,11	35,7	?	135,2	251	8,2
4. II. 61	70,11	1084	1281	43,6	146,4	69,4	1,5	32,9	?	119,3	195	5

§ 4.

Stickstofflose Nahrung.

Versuchstag mit stickstoffloser Nahrung.

Anfang: den 24. Juli 1861, Morgens 9 Uhr.

Ende: den 25. Juli, Morgens 9 Uhr.

Die letzt vorhergehende Nahrungsaufnahme erfolgte den 23. Juli, Mittags 1 Uhr. Bis zu Beginn des Versuchs waren demnach 20 Stunden verflossen.

Die *C*-Ausscheidung durch Haut und Lungen wurde direct bestimmt.

Das körperliche Befinden bei Beginn des Versuches war normal.

Die äussere Temperatur betrug im Mittel während der 24 Beobachtungsstunden 22,5° C.

Als Nahrung wurde Zucker, Stärkemehl und Fett aufgenommen. Ersterer wurde als Zuckerwasser getrunken. Die Stärke wurde mit Wasser verrührt und mit 12 Gramm Salz in Fett gebacken.

Das Uebrige ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Datum.	K. Gew.	Stärke	Zucker	Fett	Wasser CC.	Harn CC.	$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	C der Respirat.	Koth
24. VII. 61	72520	300	100	150	1321	758	17,1	0,54	200,3	96
25.	72810									88

Bei Beginn des Versuches um 9 Uhr Morgens wurde die erste Hälfte der Nahrung, Mittags 12½ Uhr die zweite genommen. Der Rest erregte einen fast unüberwindlichen Widerwillen. Am Nachmittag grosse Mattigkeit mit einem lästigen Gefühl von Uebersättigung.

Sogleich nach der ersten Nahrungsaufnahme wurden 96 Gramm Koth entleert, die als nicht zu dieser Ernährung gehörig nicht in Betracht kommen. Den 25. wurden 88 Gramm Stärkekoth, durch Beeren abgegrenzt, ausgeschieden. Er enthielt 69 % Wasser und 31 % feste Stoffe. Die trockene Substanz enthielt 54,8 % *C*. In der entleerten Kothmenge waren demnach 14,95 Gramm Kohlenstoff enthalten.

Die *N*-Bestimmung verunglückte. Mit Berücksichtigung der Kothmengen ergeben sich für das Anfangs-Körpergewicht 72425 Grm., für das Endgewicht 72722 Gramm, demnach eine Gewichtszunahme von 297 Gramm.

Diese Gewichtszunahme ist um so bemerkenswerther, als die *N*-Ausscheidung in den Nieren einen ungedeckten Verlust des Körpers an *N*-haltiger Substanz erkennen lässt.

Im Harne wurden 17,1 Gramm Harnstoff und 0,54 Gramm Harnsäure entleert, welche zusammen 8,16 Gramm *N* enthalten.

Berechnet man diese *N*-Menge auf Albumin, so ergiebt sich eine Zersetzung während der 24 Beobachtungsstunden von 51,547 Gramm.

In der Nahrung wurden aufgenommen: 254,68 Gramm *C*, dazu die *C*-Menge des zersetzten Albumins mit 28,268 Gramm, ergiebt 282,95 Gramm *C*. Im Kothe wurde ausgeschieden 14,95 Gramm *C*, im Harne 3,61 Gramm = 18,56 Gramm. Durch die Respiration wurden 200,5 Gramm *C* ausgeschieden. Es blieben demnach 64 Gramm *C* im Körper zurück, entsprechend 81,5 Gramm Fett.

Es wird neben einem ungedeckten *N*-Verbrauch ein *C*-Ansatz wahrscheinlich. Doch reicht dieser Ansatz nicht hin, um die ganze Gewichtszunahme des Körpers während des Beobachtungstages zu er-

klären, wir haben eine Ausgleichung durch Wasseransatz noch nebenher anzunehmen. Auch Bischoff und Voit beobachteten beim Hunde bei ungenügender N-haltiger Nahrung, z. B. Brodfütterung die von mir gesehene Zunahme und erklärten sie aus Wasseransatz. Ein directer Versuch an der Katze erwies in einem solchen Falle einen grösseren Wasserreichthum der Gewebe.

Folgendes Schema stellt die Verhältnisse zusammen.

Einnahmen.			Ausgaben.		
	N	C		N	C
150 Gr. Fett	0	109,91	17,1 Gr. Harnstoff	7,98	3,42
300 - Stärke	0	114,5	0,54 - Harnsäure	0,18	0,19
100 - Zucker	0	38,27	95 - Koth	?	18,79
			In der Respiration	0	200,5
Zusammen	0	254,68	Zusammen	8,16	222,9

Bei einem Mittelgewicht von 72,57 Kgrm. wurden während 24 Beobachtungsstunden 2,775 Grm. C und 0,1124 Grm. N von 1 Kgrm. in Zersetzungsproducten ausgeschieden.

Das Verhältniss des verbrauchten N zum C ist wie 1 : 24,74.

In folgender kleinen Tabelle stelle ich die Mittelzahlen, welche bei Hunger gewonnen wurden, neben die hier gewonnenen Resultate.

In beiden Fällen betrachte ich nur die Ausscheidungen durch Nieren und die Respiration.

Die Zahlen sind auf 1 Kgrm. und 24 Beobachtungsstunden berechnet.

	Hunger.	N-lose Nahrung.
N	0,126	0,112
C	2,59	2,775
$N:C$	1 : 20,5	1 : 24,7

Es ergiebt sich hieraus:

1. Die N-Ausscheidung durch die Nieren scheint gegen die bei Hunger durch Aufnahme von Kohlehydraten etwas herabgedrückt werden zu können, wie dies Voit und Bischoff beim Hunde gefunden haben.

2. Die C-Ausscheidung wird nur ein wenig gesteigert. Dadurch wird das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss in den Ausscheidungen etwas zu Gunsten des C geändert.

3. In Beziehung auf das Gesammtkörpergewicht kommen wir hier wie Bischoff und Voit zu dem Schlusse, dass sich aus seiner alleinigen Berücksichtigung beim Menschen nichts über Aenderungen des Ernährungszustandes aussagen lasse, da Fleisch, Fett und Wasser sich gegenseitig ausgleichen können.

Wir bemerken eine ungedeckte Abnahme an N-haltiger Körpersubstanz — 8,16 Gramm N entsprechen 240 Gramm Fleisch — und doch sehen wir eine Gewichtszunahme von nahezu 300 Gramm eintreten und haben bei Fleischansatz eine Abnahme des Gewichts gesehen!

Das Körpergewicht ist kein directes Maass für den Ernährungszustand.

Alle Berechnungen auf 1 Kgrm. Körpergewicht bekommen durch die Möglichkeit der Wasserabgabe oder des Wasseransatzes, welche wir abwechselnd in den im Vorstehenden mitgetheilten Versuchen constatirten, einen gewissen relativen Fehler.

§ 5.

Resultate.

Keines meiner thatsächlichen Resultate steht im Widerspruch mit den von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen, so dass es demnach scheint, als dürften wir ziemlich rückhaltslos die Verhältnisse als im Wesentlichen gleich ansehen.

Den einzigen Unterschied scheinen die Versuche mit übermässiger Fleischzufuhr zu ergeben; doch wage ich nicht, darauf ein entscheidendes Gewicht zu legen, da es zu leicht möglich sein könnte, dass nur ganz individuelle Verhältnisse hier zur Geltung gekommen seien.

Im Folgenden stelle ich die Einzelresultate meiner Untersuchung zusammen. Sie stehen mit denen von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen in so grosser Ausdehnung in Uebereinstimmung, dass ich es vorziehe, dies hier, als später stets im Einzelnen wieder, auszusprechen.

1. Ueber Harnstoff und Harnsäure.

Bei einem gesunden ruhenden Menschen von 70 Kgrm. Durchschnittsgewicht vermag die Harnstoffausscheidung in bedeutenden Grenzen zu schwanken.

Als Minimalzahl fand ich: 17,02 und 17,1 Gramm in 24 Stunden, erstere bei Hunger, letztere bei stickstoffloser Kost.

Als Maximalzahl fand ich: 86,3 Gramm in 24 Stunden nach einer aufgenommenen Fleischmenge von 1832 Gramm.

Die Minimalzahl verhält sich zur Maximalzahl wie 1 : 5.

Beim Hunde fanden Bischoff und Voit, trotzdem dass er nur die Hälfte des Gewichts des Menschen hat, viel grössere Schwankungen von 9—183 Gramm $\overset{+}{U}$.

Auch die Schwankungen der Harnsäureausscheidungsgrösse sind sehr bedeutend. Doch fallen letztere weniger in die Augen, da die Ausscheidungsgrösse der Harnsäure stets eine sehr verschwindend kleine bleibt.

Sie schwankt in 24 Beobachtungsstunden von einem kaum noch nachweisbaren Minimum bei Hunger: 0,033 Gramm, bis zu 2,2 Gramm am Tage sehr reichlicher Fleischnahrung und den Tag nach einer solchen.

Nehmen wir 0,24 Gramm, eine Grösse, welche zweimal beobachtet worden, als die Ausscheidungsmenge bei Hunger an, so verhält sich diese Minimalzahl zur Maximalgrösse wie 1 : 9.

Um den Einfluss des N-Gehaltes der Nahrung sowohl auf Harnstoff- als Harnsäure-Ausscheidung leicht überblicken zu können und um das Verhältniss dieser Ausscheidungen zu einander — die Harnsäure-Ausscheidungsgrösse = 1 gesetzt — nach den wechselnden Ernährungsbedingungen zu demonstriren, gebe ich folgende tabellarische Zusammenstellung.

Die Tabelle steigt von dem Minimum der Stickstoff-Nahrung — Hunger und stickstofflose Kost — bis zum Maximum derselben.

Datum.	$\bar{U}$	$\overset{+}{U}$	$\bar{U}:\overset{+}{U}$	Nahrung.
22. XI. 60.	0,24	17,02	1 : 71	0
21. VI. 61.	0,033	22,28	—	0
2. VII. 61.	0,24	18,3	1 : 76	0
24. VII. 61.	0,54	17,1	1 : 32	Kohlenhydr.
15. VII. 61.	0,58	35,5	1 : 61	15,22 Grm. N
16.	0,7	30,7	1 : 44	,,
17.	0,95	32,6	1 : 34	,,
18.	0,5	32,1	1 : 64	,,
19.	0,73	31,3	1 : 43	,,
20.	0,6	31	1 : 52	,,
22.	0,6	29,3	1 : 49	,,
4. XII. 60.	0,77	30,8	1 : 40	15,3 Grm. N
5.	0,84	31,9	1 : 38	,,
6.	0,79	36,5	1 : 46	,,
26. I. 61.	0,9	41	1 : 46	18 Grm. N
27.	0,93	39,3	1 : 42	,,
28.	0,75	38,1	1 : 51	,,
29.	0,8	39,3	1 : 49	,,
30.	0,94	38,3	1 : 41	,,
31.	0,83	37,9	1 : 46	,,
1. II. 61.	0,78	37,8	1 : 48	,,
2.	0,96	38,3	1 : 40	,,
5. II. 61.	2,2	49,9	1 : 23	,,
31. X. 60.	1,04	42,07	1 : 41	19,56 Grm. N
1. XI. 60.	1,11	47,8	1 : 43	,,
2.	1,12	51,4	1 : 46	,,
3.	1,125	47,3	1 : 42	,,
4.	1,07	38,2	1 : 36	,,
5.	0,68	38,4	1 : 56	,,
6.	1,03	40,1	1 : 39	,,
3. II. 61.	1,1	42,7	1 : 39	25,13 Grm. N
4. II. 61.	1,5	69,4	1 : 46	43,55 ,, ,,
19. VII. 61.	1,95	86,3	1 : 43	62,29 ,, ,,
7. XI. 60.	2,11	75	1 : 36	66,3 ,, ,,

Als Resultate ergeben sich aus den tabellarisch mitgetheilten Bestimmungen folgende Schlüsse:

1. Bei vollkommen gleicher N-Zufuhr für mehrere Versuchstage findet anfangs eine wechselnde Harnstoffausscheidung statt, erst nach einigen Tagen wird sie ziemlich gleichmässig. Dann ist die im Harnstoff ausgeschiedene N-Menge der in der Nahrung zugeführten ziemlich genau gleich.

2. Im Hunger wird das Minimum des Harnstoffes ausgeschieden.

3. Durch Nahrungszufuhr allein, abgesehen von ihrer Zusammensetzung, wird die $\overset{+}{U}$-Ausscheidung nicht gesteigert. Bei rein N-freier Kost sinkt die Harnstoffmenge auf das bei Hunger beobachtete Minimum.

4. Steigerung der N-Zufuhr steigert die Harnstoffausscheidung. Doch steht, wenigstens während der ersten 24 Beobachtungsstunden, die Steigerung der Ausscheidung nicht in einem directen Verhältniss zur Steigerung der Zufuhr.

5. Steigerung der N-Zufuhr vermehrt nicht nur am betreffenden, sondern auch noch am folgenden Tage die Harnstoffausscheidung. — Cfr. 1. II. 61. — 5. II. 61.

Hunger bewirkt noch für den folgenden Tag Minderung. — Cfr. 20—22. VI. 61.

In Beziehung auf die Erklärung, welche Bischoff und Voit allen diesen von ihnen auch beobachteten Verhältnissen geben, verweise ich auf ihr oft citirtes Werk.

6. Alle für den Harnstoff hier gefundenen Sätze gelten ebenfalls für die Harnsäure, mit der einzigen Ausnahme, dass bei N-freier Kost, wobei der Harnstoff das Minimum der Ausscheidung zeigte, die Harnsäure sich um Etwas über diesem hielt.

Wie der Harnstoff, so steigt und fällt die Harnsäure-Ausscheidung mit der Menge der N-Zufuhr,

7. und zwar scheint es, als ob beide in einer bestimmten Proportion ausgeschieden würden.

Die Bestimmungsmethode der Harnsäure, leider ohne die Correction von Zobelin und Neubauer angestellt, ist mit einem bestimmten Fehler behaftet, welcher alle gewonnenen Resultate etwas zu klein ausfallen lässt. Daher scheint es zu kommen, dass besonders bei geringen Harnsäurequantitäten, das Verhältniss plötzlich zu Gunsten des Harnstoffes steigt; während es sich bei grösseren Harnsäuremengen in ziemlich engen Grenzen bewegt, weil hier sich der Fehler der Methode weniger geltend machen kann.

Eine Ausnahme macht der Versuchstag 5. II. 61, an welchem in Folge einer enormen Fleischzufuhr am vorausgehenden Tage, die Harnsäuremenge noch mehr gesteigert erscheint als der Harnstoff.

Betrachten wir die Mittelzahlen aus einer Reihe von Einzelbeobachtungen, so ergiebt sich die Constanz der Proportion noch deutlicher.

Bei Hunger ist das Verhältniss im Mittel von zwei Beobachtungen wie 1 : 73.

Bei einer Beobachtung mit N-freier Kost wie 1 : 32.

Bei 15,22 Gramm N im Mittel aus 7 Beobachtungen wie 1 : 49.
Bei 15,3 Gramm N im Mittel aus 3 Beobachtungen wie 1 : 41.
Bei 18 Gramm N im Mittel aus 8 Beobachtungstagen wie 1 : 45.
Bei 19,56 Gramm N im Mittel aus 7 Beobachtungstagen wie 1 : 43.
In den Einzelbeobachtungen mit sehr bedeutender N-Zufuhr ist das Verhältniss wie

1 : 39, 1 : 46, 1 : 43 und 1 : 36.

Im allgemeinen Durchschnitt aus allen den vorliegenden Beobachtungen ergiebt sich das mittlere Verhältniss der Harnsäure-Ausscheidungsgrösse zu der des Harnstoffs wie 1 : 45.

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass nur unter ganz besonderen Einflüssen — cfr. 5. II. 61. — sich dieses Verhältniss um ein Bedeutendes ändert. Die Verhältnisszahl ist jedoch sicher zu Gunsten des Harnstoffs etwas zu gross, was aus dem Grunde zu erklären ist, dass bei der Berechnung derselben die nach der negativen Seite procentisch ziemlich fehlerhaften Harnsäurebestimmungen bei sehr geringen Quantitäten derselben mit berücksichtigt wurden. Mit alleiniger Berücksichtigung der grösseren Harnsäuremengen rechnet sich das Verhältniss wie 1 : 43, was der Wahrheit vielleicht noch näher kommen würde.[1])

2. Kohlenstoffausscheidung durch Haut und Lungen.

1. Um die Grösse der C-Ausscheidung in der Respiration und ihre Schwankungen unter physiologischen Verhältnissen zu bestimmen, schien es wünschenswerth, dieselben unter den ganz gewöhnten uncontrolirten Bedingungen der alltäglichen Ernährungsweise zu untersuchen.

Es wurde darum die 24stündige C-Ausscheidung durch Haut und Lungen bestimmt bei der gewöhnlichen Kost der gebildeten Stände. Folgende kleine Tabelle giebt die Resultate dieses Versuches.

Datum.	K. Gewicht.	Harn CC.	$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	C der Respirat.	Kochsalz.	Koth.
10. VII. 61.	73100	2380	40	0,53	**215,7**	22,4	0
11.	72780		-				503

1) Man vergleiche die Beobachtungen meines Bruders Prof. H. Ranke über Harnsäure-Ausscheidung. Habilitationsschrift. München 1858.

Die Gewichtsabnahme während des Versuchstages ist nur eine scheinbare, da von den 503 Gramm Koth 356 noch von den Tagen vor dem Versuchstage im Darme waren.

Wir finden demnach als Normalzahlen für die C-Ausscheidung durch Haut und Lungen in 24 Stunden und für die Ausscheidungen im Harne:

für Haut und Lungen:	für den Harn:
791,1 Grm. CO_2	40 Grm. $\overset{+}{U}$ } = 18,85 N.
= 215,7 Grm. C.	0,53 Grm. $\overset{-}{U}$ } = 8,2 C.

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen C beträgt 223,9 Grm.

Das Verhältniss des N zum C in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 12.

Während 24 Beobachtungsstunden scheidet 1 Kgrm. aus:

0,259 Grm. N und 2,962 Grm. C.

2. Ganz analog diesem Versuche verhält sich der Versuch am 19. VI. 61. aus der vierten Versuchsreihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme.

Hier wurden ausgeschieden:

durch Haut und Lungen:	im Harne:
759,5 Grm. CO_2	31,3 $\overset{+}{U}$ } 14,84 Grm. N
= 207 Grm. C.	0,73 $\overset{-}{U}$ } = 6,52 Grm. C.

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen C beträgt 213,52 Grm.

Das Verhältniss des N zum C in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 14.

Während 24 Beobachtungsstunden schied bei einem Mittelgewicht von 73,85 Kgrm. 1 Kgrm. aus:

0,2 Grm. N und 2,9 Grm. C.

3. Bei Hunger wurden 3 Versuchstage beobachtet.

a) 22. XI. 60. Es wurden bestimmt:

in der Respiration:	im Harne:
187 ? Grm. C.	8,024 Grm. N,
	3,65 Grm. C.

b) 21. VI. 61. Es wurden gefunden:

in der Respiration:	im Harne:
662,9 Grm. CO_2	10,4 Grm. N.
= 180,8 Grm. C.	4,46 Grm. C.

Im Ganzen wurden 185,26 Grm. C ausgeschieden.

Auf 1 Kgrm. berechnet war die 24stündige Ausscheidung:

0,1427 Grm. *N* und 2,54 Grm. *C*.

N : *C* = 1 : 17.

c) 2. VII. 61 wurden gefunden:

in der Respiration:	im Harne:
663,5 Grm. CO_2	8,62 Grm. *N*.
= 180,9 „ *C*.	3,75 „ *C*.

Im Ganzen wurden 184,65 Grm. *C* ausgeschieden. Auf 1 Kgrm. treffen: 0,12 Grm. *N* und 2,572 Grm. *C*.

N : *C* = 1 : 21.

4. Bei nur stickstoffloser Nahrung wurde eine *C*-Bestimmung in der Athemluft gemacht. Es wurde gefunden:

in der Respiration:	im Harne:
735,2 Grm. CO_2	8,16 Grm. *N*.
= 200,5 „ *C*.	3,6 „ *C*.

Im Ganzen wurden 204,1 Grm. *C* ausgeschieden. Auf 1 Kgrm treffen: 0,1124 Grm. *N* und 2,775 Grm. *C*.

N : *C* = 1 : 25.

5. Ein Versuch wurde den 19. VII. 61 mit dem Genusse von 1832 Grm. Fleisch angestellt. Es wurde ausgeschieden:

durch Haut und Lungen:	im Harne:
847,5 Grm. CO_2	40,93 Grm. *N*.
= 231,1 „ *C*.	17,96 „ *C*.

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen *C* betrug 249,06 Grm. in 24 Stunden. Auf 1 Kgrm. treffen:

0,5618 Grm. *N* und 3,42 Grm. *C*.

N : *C* = 1 : 6.

6. Um womöglich das Maximum der *C*-Ausscheidung in der Respiration zu erfahren, wurde im Respirationsapparate die grösstmögliche Menge von Essen genossen, bis zum vollkommensten Ueberdrusse. Der Versuch begann den 16. VII. 61, Morgens 9 Uhr, und dauerte bis den folgenden Morgen 9 Uhr.

Die aufgenommene Nahrung wurde weder nach Qualität noch Quantität genau bestimmt. Besondere Rücksicht wurde auf den Genuss fetter Speisen und von Zucker und Amylaceen genommen.

Folgende kleine Tabelle giebt die Beobachtungsresultate.

Datum.	K. Gew.	Harn CC.	$\overset{+}{U}$	$\overset{-}{U}$	C der Respiration.	Kochsalz
16. VII. 61.	73570 74870	2780	45,1	1,09	**252,4**	33,8

Es stellt sich in Folge des Versuches eine bedeutende Gewichtszunahme des Körpers heraus. Der Koth wurde nicht bestimmt, nehmen wir 300 Gramm an, so bleibt noch immer eine Körperzunahme von 1000 Gramm = 2 Pfund.

Trotz der Grösse des Mahles sehen wir die Harnstoffmenge nicht sehr bedeutend gesteigert. Die Harnsäuremenge geht proportional mit dem Harnstoff aufwärts. Das Verhältniss ist wie 1 : 41, der mittleren Verhältnisszahl demnach sehr nahe.

Die Kochsalzausscheidung ist sehr bedeutend: die höchste bei meinen Versuchen beobachtete!

Bei einem Mittelgewicht von 74,22 Kgrm. wurden in 24 Stunden ausgeschieden:

durch Haut und Lungen:	im Harne:
925,6 Grm. CO_2	21,4 Grm. N.
= 252,4 „ C.	9,4 „ C.

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen C beträgt demnach:

261,8 Gramm.

Auf 1 Kgrm. treffen in 24 Stunden:

0,2883 Grm. N und 3,527 Grm. C.

$N : C = 1 : 12.$

In folgender Tabelle sind die Beobachtungsresultate zusammengestellt.

Datum.	K. Gewicht.	Nahrung.	CO_2 der Resp.	C der Resp.	Gesammtmenge des C	Gesammtmenge des N	1 Kgrm. schied aus C	1 Kgrm. schied aus N	$N : C$
10.VII.61.	72,68	unbest. gem.	791,1	215,7	223,9	18,85	2,926	0,259	1 : 12
19. VII.	73,85	best. gem.	759,5	207	213,52	14,84	2,9	0,2	1 : 14
21. VII.	72,87	0	662,9	180,8	185,26	10,4	2,54	0,1427	1 : 17
2. VII.	71,79	0	663,5	180,9	184,65	8,62	2,572	0,12	1 : 21
24. VII.	72,57	N-lose Nahr.	735,2	200,5	204,1	8,16	2,775	0,1124	1 : 25
19. VII.	72,85	1832 G. Flsch.	847,5	231,1	249,06	40,93	3,42	0,5618	1 : 6
16. VII.	74,22	Max. d. Nahr.	925,6	252,4	261,8	21,4	3,527	0,2883	1 : 12

Während wir bei der N-Ausscheidung durch die Nieren Schwankungen von 8,16 bis zu 40,93 Gramm, wie 1 : 5, beobachten, so sehen wir dagegen die C-Ausscheidung durch Haut und Lungen in nur sehr geringen Grenzen schwanken: von 180,8 bis zu 252,4 Gramm in 24 Beobachtungsstunden. Das Minimum verhält sich zum Maximum der Ausscheidung wie 1 : 1,4.

In Folge dieser Schwankungen in der N-Ausscheidung und Constanz in der C-Abgabe sehen wir das Verhältniss dieser beiden Ausgaben in sehr weiten Grenzen sich bewegen.

Das Mininum ist 1 : 6; das Maximum 1 : 25.

Bemerkenswerth scheint, dass bei gemischter Kost von ganz verschiedenen Quantitäten der Aufnahmsgrössen das Ausscheidungsverhältniss beide Male 1 : 12 ist.

Ich enthalte mich vorerst weiterer Schlüsse, da die hier mitgetheilten Zahlen zur definitiven Feststellung eines Gesetzes der Respirationsausscheidung noch nicht ausreichen.

Als Mittelzahl für die Haut- und Lungenausscheidung eines gesunden ruhenden Menschenorganismus der angegebenen Constitution muss für das Erste die Grösse von:

211 Gramm C

betrachtet werden, als Maximalgrösse dieser Ausscheidung:

252,4 Gramm C.

Anhang zum XI. und XII. Capitel.

Analytische Belege und Methoden.

I. Harnstoffbestimmung.

Sie wurde nach der Liebig'schen Methode ausgeführt. Um ihre Genauigkeit unter meinen Händen zu prüfen, wurde folgender Versuch angestellt.

Es wurde bei gewöhnlicher Kost am 20. Februar 1861 von 9 Uhr Morgens bis zum folgenden Morgen 9 Uhr aller Harn aufgefangen: 3150 CC. sp. G. 1011.

1. Es wurden nach der Liebig'schen Methode vier verschiedene, stets frisch gemachte Proben untersucht, ohne Ausfällung des Chlors. Es ergaben sich für den Verbrauch an CC. der Quecksilberlösung:

I.	10,5 CC.	in je 10 CC. Harn.
II.	10,3 CC.	
III.	10,6 CC.	
IV.	10,6 CC.	

Die grösste Differenz ist 10,3 — 10,6 CC. Die Schwankungen des Resultates betragen im Maximum 0,3 CC. Quecksilberlösung bei der Harnstoffbestimmung in 10 CC. Harn. Auf die ganze Harnmenge: 3150 CC., berechnet, beläuft sich der Fehler auf 94,5 CC. der Lösung. Da 1 CC. der Titrirflüssigkeit 0,01185 Grm. Harnstoff entspricht, so beträgt die Verschiedenheit des Gesammtresultates: 1,12 Grm. Harnstoff = 0,522 Grm. *N*.

2. Nach Ausfällung des Chlors mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyde erforderten 10 CC. Harn noch 9,2 CC. titrirter Quecksilberlösung, entsprechend: 0,10902 Grm. Harnstoff = 0,05088 Grm. *N*.

In 100 CC. desselben Harnes waren enthalten 0,0167 Grm. Harnsäure; in 10 CC. demnach 0,00167 Grm. mit einem *N*-Gehalte von 0,00056 Grm.

Harnstoff und Harnsäure zusammen enthielten demnach 0,05144 Grm. *N*.

3. 10 CC. Harn wurden über Glaspulver in der Luftpumpe getrocknet und im Verbrennungsrohr mit Natronkalk verbrannt. Das sich hierbei entwickelnde Ammoniak wurde in 20 CC. Schwefelsäure, von welcher 1 CC. 0,003927 Grm. *N* entsprach, aufgefangen.

Auf die Schwefelsäure war eine Natronlauge titrirt; 20 CC. derselben erforderten 21,8 CC. Natronlauge. Nach dem Auffangen des Ammoniaks waren noch zur Neutralisation erforderlich 7,6 CC. Natronlauge, es waren demnach 13 CC. Schwefelsäure neutralisirt, entsprechend

	0,05105 Grm. *N*.
Die vorige Bestimmung ergab	0,05144 ,, ,,
einen Ueberschuss von	0,00039 Grm. *N*.

Dieser scheinbar so minimale Unterschied ergiebt auf Rechnung der Harnstoff- und Harnsäurebestimmung auf die ganze Harnmenge 3150 CC. berechnet einen Ueberschuss von 0,122 Grm. *N* = 0,26 Grm. Harnstoff.

Berücksichtigt man die mögliche Fehlergrösse der Harnstoffbestimmung von 0,3 CC. der Titrirflüssigkeit, so vermag die Mehrbestimmung 0,65 Grm. *N* der Gesammtmenge des Harnes zu betragen.

Gefunden wurden

1. durch directe *N*-Bestimmung in 3150 CC. Harn: 16,08 Grm. *N*.
2. durch Titre mit Zurechnung der Harnsäure: { 16,20 ,, ,, / 16,73 ,, ,,

Sowohl die Ungenauigkeit im Titriren selbst, als die Differenz der Resultate der *N*-Bestimmung nach den verschiedenen Resultaten vermag einen Unterschied der Resultate — Fehlerhaftigkeit derselben — bis zu 0,5 Grm. *N* im Maximum herbeizuführen.

II. Harnsäurebestimmung.

Diese wurde von mir in den vorliegenden Versuchen in je 100 CC. Harn durch den Zusatz von je 5 CC. Salzsäure von demselben specifischen Gewichte und Wiegen der ausgefällten Säure auf einem getrockneten und gewogenen Filter von schwedischem Filtrirpapiere ohne weitere Correctur angestellt.

War der Harn sehr verdünnt, so wurde er vor dem Zusatz der Säure erst auf ein mittleres specifisches Gewicht eingedampft.

Vor dem Abfiltriren stand der Harn mit der Säure wenigstens 48 Stunden zusammen, um womöglich alle Harnsäure auszufällen. [1])

Obwohl die Methode nicht eine so sehr zu wünschende grosse Genauigkeit besitzt und ziemlich mühsam und zeitraubend ist, so wurde sie von mir doch als die für ausgedehntere Versuchsreihen allein anwendbare in Anwendung gezogen.

Uebrigens ist nach Beobachtungen, welche schon zur Zeit von Herrn Prof. Voit angestellt waren, der Versuchsfehler für die Einzelresultate ein ziemlich constanter, so dass die Resultate dadurch an ihrer Vergleichbarkeit nicht viel verlieren. Nur die kleinen Harnsäuremengen werden dadurch in ihrer Bestimmung ziemlich beträchtlich alterirt. Das fast vollständige Verschwinden der Harnsäure an einem der drei beobachteten Hungertage scheint mir mit ziemlicher Bestimmtheit nicht auf einem wirklichen Fehlen, sondern auf der Unmöglichkeit der sicheren Nachweisung ganz kleiner Mengen zu beruhen.

III. Kochsalzbestimmungen.

Da nur ein Theil der zur Harnstoffbestimmung nöthigen Ausfällungen des Kochsalzes, resp. Chlors im Harne mit einer titrirten Silberlösung vorgenommen wurden, so wurden die wenigen gewonnenen Resultate nicht im Texte aufgeführt. Ich trage sie hier nach.

1. Versuchsreihe vom 15—22. Juni 61.

Die Speisen wurden je mit 10 Gramm Kochsalz zubereitet. Der Salzgehalt des Brodes war gleichbleibend, jedoch nicht bekannt.

15. Juni:		13,8 Grm.
16. ,,		14,3 ,,
17. ,,		13,0 ,,
18. ,,		9,0 ,,
19. ,,		13,7 ,,
20. ,,		17,2 ,,
21. ,,	Hunger	11,0 ,,
22. ,,	,,	4,8 ,,

1) H. Ranke: Ueber die Ausscheidung der Harnsäure. München 1858.

2. Einzelversuchstage.

2. Juli, Hunger: . . . . 5,3 Grm.
10. ,, Normaltag: . . . . 22,4 ,,
16. ,, Maximaltag: . . . . 33,8 ,,
19. ,, Fleischtag bei 31 Grm. Zufuhr: . . . . . . 26,6 ,,
24. ,, stickstoffloser Versuchstag, bei 12 Grm. Zufuhr: 5,5 ,,

IV. Vergleichende Tabelle der specifischen Gewichte und festen Rückstände des Harnes.

Datum.	Harnmenge in CC.	Specifisches Gewicht.	Fester Rückstand in %	Gesammtgewicht des festen Rückstandes.
31. October 1860.	1650	1018,5		
1. November.	1615	1021		
2.	2225	1015		
3.	2045	1017		
4.	1406	1020,5		
5.	1323	1022		
6.	1650	1018,5		
7. Nov. Fleischtag II.	2260	1023		
22. Nov. Hungertag I.	750	1020		
4. December.	1535	1017	3,397	52,14
5.	1610	1016,5	3,552	57,19
6.	2200	1013,5	3,942	86,72
26. Januar 1861.	1549	1023	5,586	86,53
27.	1990	1016	3,000	59,70
28.	1520	1019	4,305	65,44
29.	1560	1019	4,000	62,4
30.	1350	1021	4,820	67,1
31.	1732	1016	2,974	51,0
1. Febr. Schwitztag.	1920	1014,5	2,406	46,2
2.	1750	1016	3,290	57,6
3. Febr. Steig. d. Nahr.	2000	1017	3,465	69,38
4. - Fleischtag III.	2480	1018	3,730	92,5
5.	1380	1021,5	5,448	75,2
15. Juni.	2235	1013	2,371	53,0
16.	1935	1014	2,610	50,5
17.	1155	1023,5	4,502	52,4
18.	1620	1016,5	3,475	56,3
19.	1255	1020	4,709	58,0
20.	1230	1022	4,830	59,4
21. Juni, Hungertag II.	2234	1007,5	1,759	39,3
22.	755	1026,5	7,881	59,5
2. Juli, Hungertag III.	832	1016	3,004	25,0
10. - Normaltag.	2380	1015	2,350	71,0
16. - Maximaltag.	2780	1017	3,312	92,07
19. - Fleischtag I.	3073	1020	4,317	132,71
24. - stickstoffl. Kost	758	1018	—	—
Im Durchschnitt:		1015,35	3,809	

V. Wasserbestimmungen.

Datum.	Substanz.	Frische Substanz in Grm.	Bei 100° trockene Substanz in Grm.	Proc. an festen Theilen.	Proc. an Wasser.
	Gebrat. Kuhfleisch	1,1101	0,6230	55,85	44,15
	,, Rindfleisch	4,4987	2,2978	51,07	48,93
	,, ,,	2,1554	0,8330	39,106	60,894
	,, Kuhfleisch	1,1384	0,4232	37,5	62,5
	Brod, schwarz, ohne R.	12,382	6,7381	54,41	45,59
	,, weiss, mit Rinde	5,023	3,688	73,22	26,78
	Gesammtes Ei	9,3072	2,3189	24,9	57,1
	,,	8,714	2,2755	26,1	73,9
	,,	8,0222	2,0053	25	75
	,,	5,3596	1,5118	28,2	71,8
	Kartoffel	13,0744	3,1494	24,1	75,9
	,,	13,4522	3,5106	26,1	73,9
	,,	9,5874	2,43398	25,5	74,5
	Reis	4,6723	4,1989	90	10
	Kartoffelstärke	1,9976	1,7243	86,32	13,68
	Butter	12,5120	11,5170	92,047	7,953
	,,	9,6700	9,0757	93,85	6,15
31.Oct.-6.Nv.60.	Gemischter Koth	—	—	33,56	66,44
4—7. Dec. 60.	,,	—	—	35	65
26.Jan.—2.Fbr. u. 5. Febr. 61.	,, statt 795: 723 Grm.	2,5837	0,9444	36,59	63,41
3. Febr. 61.	Gemischter Koth, statt 140: 105 Grm.	3,2438	1,1598	35,80	64,2
15—23. Juni 61.	Gemischter Koth, statt 608: 500 Grm.	2,8046	0,885	31,53	68,47
7. Nov. 60.	Fleischkoth	—	—	26,72	73,28
4. Febr. 61.	Fleischkoth, statt 195: 184 Grm.	3,5293	1,0677	30,25	69,76
19. Juli 61.	Fleischkoth, statt 99: 59 Grm.	1,1298	0,5211	46,12	53,88
24. Juli 61.	Stärkekoth, statt 90: 88 Grm.	2,8483	0,882	30,965	69,035

Anmerkung. Bei dem Kothe ist angegeben, um wie viel derselbe zwischen dem erstmaligen Nehmen des Gewichts und der chemischen Untersuchung durch Wasserverdunstung an Gewicht verloren hatte.

VI. Aschebestimmungen.

Datum.	Substanz.	Bei 100° trockene Substanz in Grm.	Asche in Grm.	Proc. Asche in der trockenen Substanz.
31.Oct.—6.Nov. 60.	Gemischter Koth	5,5945	0,966	11,9
4—7. Dec. 60.	,,	1,42	0,1647	11,8
26.Jan.—5.Febr.61.	,,	0,7209	0,0826	11,45
3. Febr. 61.	,,	1,0012	0,1216	12,14
7. Nov. 60.	Fleischkoth	4,823	0,573	11,9
4. Febr. 61.	,,	0,8932	0,0995	11,14
	Kartoffeln	—	—	3,19
	,,	—	—	2,85

VII. Kohlenstoffbestimmungen.

Gemischter Koth. 15—23. Juni 1861.

0,1521 Grm., bei 100⁰ getrocknet, ergaben 0,2603 Grm. CO_2 = 46,99% C.

Fleischkoth. 19. Juli 1861.

0,1713 Grm., bei 100⁰ getrocknet, ergaben 0,3364 Grm. CO_2 = 54,7% C.

Stärke-Fettkoth. 24. Juli 1861.

0,244 Grm., bei 100⁰ getrocknet, ergaben 0,4471 Grm. CO_2 = 54,8% C.

VIII. Stickstoffbestimmungen.

Die bei 100⁰ trockene Substanz wurde mit Natronkalk geglüht, das sich entwickelnde Ammoniak in 20 CC. einer verdünnten Schwefelsäure aufgefangen. 20 CC. dieser Säure enthielten 0,2244 Gramm Schwefelsäure. 1 CC. entsprach demnach bei der Neutralisation 0,003927 Gramm N.

Auf die Schwefelsäure war eine verdünnte Natronlauge titrirt, mit welcher zurücktitrirt wurde, wieviel von der Säure durch Ammoniak bei der Verbrennung neutralisirt worden sei.

Die folgende Tabelle enthält die Einzelresultate.

7. November 1860.

Rehfleisch = 13,6% N trocken, 3,305% frisch.

Rindfleisch, gebraten:

0,1032 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 9,9% N.

Rindfleisch, gebraten:

0,1186 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 11% N.

Brod, schwarz, ohne Rinde:

0,2962 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,8 CC. = 2,38% N.

Brod, weiss, mit Rinde:

0,2795 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,1 CC. = 2,2% N.

Reis, lufttrocken:

0,2378 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 1,3% N.

Kartoffeln:

0,2723 Grm., statt 22 CC. Lauge = 20,5 CC. = 1,87% N.

0,4182 Grm., statt 22 CC. Lauge = 20,4 CC. = 1,31% N.

Gemischter Koth. 31. Oct. — 6. Nov. 1860 = 6,95% N.

Gemischter Koth. 4—7. Dec. 1860 = 5,7% N.

Gemischter Koth. 26. Januar bis 2. und 5. Februar 1861.

0,1235 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,8 CC. = 5,8% N.

Gemischter Koth. 3. Februar 1861.

0,1586 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 18,8 CC. = 6,8% N.

Gemischter Koth. 15. — 23. Juni 1861.

0,139 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,9 CC. = 5,03% N.

Fleischkoth. 7. November 1860. = 12,2 % *N.*

Fleischkoth. 4. Februar 1861.

0,1577 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 17,6 CC. = 9 % *N.*

Fleischkoth. 19. Juli 1861. = 11,97 % *N.*

IX. Caseïnbestimmung in der Butter.

Die Butter wurde geschmolzen in Aether eingetragen und darin gelöst. Der von allem Fett befreite Rückstand wurde auf einem gewogenen Filter getrocknet bei 100° C., gewogen und als Caseïn in Rechnung gezogen.

16,11	Grm. Butter gaben	0,0755	trockenes Caseïn	= 0,4686 % Caseïn,
9,4014	,, ,, ,,	0,1394	,, ,,	= 1,484 ,,
9,67	,, ,, ,,	0,073	,, ,,	= 0,750 ,,

X. Nachtrag über Harn bei übermässiger Fleischnahrung.

Den 4. Februar 1861 wurden Mittags 1½ Uhr 1281 Grm. Ochsenfleisch gegessen.

Der Harn war von 4 Uhr Nachmittags bis 8 Uhr Abends stark alkalisch. Der folgende Morgenharn war stark sauer.

XI. Nachtrag über Fleischkoth. Den 7. November 1860.

Bei der mikroskopischen Untersuchung bestand der Fleischkoth nur aus unverdauten Fleischfasern, theils wohl erhalten, theils in den verschiedensten Formen der Maceration und des Zerfalles. Wenige krystallinische Nadeln waren eingemischt.

Im gemischten Kothe waren die angegebenen Elemente auch, jedoch in weit geringerer Quantität neben Detritus etc. zu sehen.

XII. Kohlenstoffbestimmungen mit dem Apparate des Herrn Prof. Pettenkofer, von diesem selbst und Herrn Prof. Voit geleitet.

In den folgenden Tabellen ist unter Gehalt des Barytwassers immer jene Menge von CC. der Normalsäure (1 CC. = 1 Mgrm. CO_2) zu verstehen, die man braucht, um 30 CC. Barytwassers zu neutralisiren. Die Zeichnung und Beschreibung des Apparates und Verfahrens siehe in den Abhandlungen der bayerischen Akademie der Wissenschaften, math.-physik. Cl., Bd. IX, Abth. II, S. 232—276.

Versuch Nr. I.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	15	19	Juni 61.	Zur Versuchsreihe Nr. IV. mit Einfuhr gleichbleibender Nahrungsmengen. Den 15. Juni 1860.
Ende d. Vers.	9	15	20	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 877134
,, ,, ,, ,, Anfang: 860260

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	16874
Correction für Temperatur	84,4
,, ,, Wasserdunst	35,7
Gesammtmenge	16994,1
In Litern ausgedrückt	481188

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	740,6 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	18,9 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	759,5 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	207 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 92,1—92,2
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 31,9—31,9

Untersuchung

der einströmenden Luft. — Untersuchte Luftmenge 127,7 Liter.

Barytwasser	Vol. in CC.	Gehalt nach d. Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	90	67,6 67,6	73,5	0,5755
Kz. Röhr.	90	31,8 31,8	0,3	

der abströmenden Luft. — Untersuchte Luftmenge 134,2 Liter.

Barytwasser	Vol. in CC.	Gehalt nach d. Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	90	29,3	282,6	2,1147
Kz. Röhr.	90	31,5 31,5	1,2	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft 1,5392 Grm.
,, ,, ,, ,, d. rückständ. Luft in d. Kammer 1,5785 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung.	Gasuhren [1]) a.	b.	A.	c.
11 Uhr	20,9	28,8	19,7	27,3
1 ,,	21,4	21,3	20	29,2
3 ,,	22,4	22,2	20,5	31,1
5 ,,	23,4	23,1	21,1	32,5
7 ,,	23,8	23,3	21,4	32,4
9 ,,	22,9	22,8	21,0	29,6
11 ,,	22,2	22,1	20,7	28,1
1 ,,	21,5	21,5	20,4	26,1
3 ,,	20,9	20,9	20,1	26,1
5 ,,	20,6	20,6	19,9	25,1
7 ,,	20,8	20,8	19,9	27,4
9 ,,	21,2	21,2	20,2	29,5
Zusamm.	262,0	260,6	244,9	344,1
Mittel	21,8		20,4	28,7

In diesem Versuche wurde gleichzeitig die Menge der Kohlenwasserstoffe in der Luft, die durch die Kammer gegangen, bestimmt. Da nicht gleichzeitig der Gehalt der einströmenden Luft bestimmt wurde, lassen die Zahlen keine Verwerthung zu. Sie zeigen nur, wie gering die Menge dieser Stoffe im Ganzen ist.

6,28 Cubikfuss = 156,1 Liter.

Auf die Temperatur und den Dunstdruck von a berechnet: 150,2 Lit.

Röhre vor: 31,9, nach: 31,0—31,1.

In 1000 Litern: 0,0159 Grm. CO_2.

In 481188 Litern: 7,6 Grm. CO_2.

Die Gesammtmenge v. C in d. Kohlenwasserstoffen beträgt demnach: 2,0 Gr. C.

1) In der kleinen Gasuhr a wurde die Probe der einströmenden, in b der abströmenden, in c der abströmenden und geglühten Luft gemessen. A ist das Thermometer der grossen Gasuhr.

Versuch Nr. II.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	2	21	Juni 61.	Hunger.
Ende d. Vers.	9	2	22	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 895209
,, ,, ,, ,, Anfang: 877165

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	18044
Correction für Temperatur	126,3
,, ,, Wasserdunst	59,7
Gesammtmenge	18230
In Litern ausgedrückt	516239

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	647,5 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	15,4 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	662,9 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	180,8 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 92,2.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 31,9.

Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 140,0 Liter.

Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	35 73,1 30 62,7	88,5	0,6407
Kz. Röhr.	61,6	1,2	

der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 129,5 Liter.

Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	37,8 37,8	244,8	1,8996
Kz. Röhr.	31,7 31,7	0,6	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft: 1,2542 Grm.
,, ,, ,, ,, d. rückständ. Luft in d. Kammer: 1,2840 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	24,0	24,0	22,2	31,6
1 ,,	24,9	24,8	22,7	33,1
3 ,,	26,0	25,9	23,4	34,2
5 ,,	26,8	26,6	23,8	34,8
7 ,,	26,5	26,4	23,9	34,3
9 ,,	25,7	25,6	23,5	30,2
11 ,,	25,4	25,4	23,4	29,2
1 ,,	25,0	25,0	23,2	28,6
3 ,,	24,6	24,5	22,9	27,8
5 ,,	24,1	24,0	22,7	25,0
7 ,,	23,9	23,8	22,6	26,8
9 ,,	24,1	24,0	23,5	27,1
Zusamm.	301,0	300,0	277,8	362,7
Mittel	25,0	25,0	23,15	30,22

Auch hier wurden in der abströmenden Luft die Kohlenwasserstoffe bestimmt.

6,39 Cubikfuss = 158,8 Liter.
Correct. für Temper. = 155,9 Liter.
Correct. f. Wasserd. = 154,1 Liter.
Gehalt der Röhre = 30,9—31,0
= 2,7.
In 1000 Litern 0,0175 Grm. CO_2.
In 516239 Lit. 9,0 Grm. CO_2
= 2,4 Grm. C.
Für die Kammer im Durchschnitt
noch 0,05 Grm. C. mehr.

Versuch Nr. III.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	11	2	Juli 61.	Hunger.
Ende d. Vers.	9	11	3	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 912896
,, ,, ,, ,, Anfang: 895375

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	17521
Correction für Temperatur	12,2
,, ,, Wasserdunst	4,8
Gesammtmenge	17538
In Litern ausgedrückt	496588

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	647,5 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	16,0 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	663,5 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	180,9 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 66,7.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 29,8—29,8.

Untersuchung

der einströmenden Luft.				der abströmenden Luft.			
Untersuchte Luftmenge: 133,4 Liter.				Untersuchte Luftmenge: 125,2 Liter.			
Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlen-säure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.	Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlen-säure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	66,7	71,1	0,5374	Lg. Röhr.	39,5 39,5	229,05	1,8410
Kz. Röhr.	29,8 29,8	0,6		Kz. Röhr.	29,5 29,5	1,5	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft: 1,3040 Gr.
,, ,, ,, ,, ,, rückständ. Luft in d. Kammer: 1,336 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung.	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	15,9	15,9	16,2	
1 ,,	16,2	16,2	16,2	
3 ,,	17,0	16,8	16,5	
5 ,,	17,7	17,3	16,9	
7 ,,	17,0	16,8	16,6	
9 ,,	16,3	16,6	16,8	
11 ,,	16,8	16,7	16,3	
1 ,,	16,5	16,4	16,2	
3 ,,	16,2	16,2	16,0	
5 ,,	16,0	16,0	15,8	
7 ,,	15,9	15,9	15,7	
9 ,,	15,9	16,0	15,7	
Zusamm.	197,4	196,8	194,9	
Mittel	16,4	16,4	16,2	

Versuch Nr. IV.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	19	10	Juli 61.	Normaltag.
Ende d. Vers.	9	19	11	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 936112.
,, ,, ,, ,, Anfang: 919336.

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	16776
Correction für Temperatur	16,7
,, ,, Wasserdunst	6,5
Gesammtmenge	16799,2
In Litern ausgedrückt	475669

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	771,2 Gr.
Rückständige Kohlensäure in in der Kammer	19,9 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	791,1 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	215,7 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,7—90,7.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 30,1—30,1.

Untersuchung

der einströmenden Luft.				der abströmenden Luft.			
Untersuchte Luftmenge: 119,5 Liter.				Untersuchte Luftmenge: 146,7 Liter.			
Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.	Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	63,2 63,3	82,2	0,6904	Lg. Röhr.	16,4 16,4	334,35	2,3118
Kz. Röhr.	29,9 30,0	0,3		Kz. Röhr.	28,5 28,5	4,80	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,6214 Gr.
,, ,, ,, ,, ,, rückständ. Luft in d. Kammer: 1,6633 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	17,8	17,8	17,6	
1 ,,	17,8	17,8	17,5	
3 ,,	17,8	17,8	17,5	
5 ,,	17,5	17,5	17,3	
7 ,,	17,4	17,4	17,2	
9 ,,				
11 ,,	17,4	17,4	17,1	
1 ,,	17,4	17,4	17,1	
3 ,,	17,4	17,5	17,0	
5 ,,	17,4	17,4	17,0	
7 ,,	17,4	17,5	17,0	
9 ,,	17,6	17,6	16,9	
Summe	192,9	193,1	189,2	
Mittel	17,5	17,5	17,2	

Versuch Nr. V.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	5	16	Juli 61.	Maximaltag.
Ende d. Vers.	9	5	17	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 953303.
,, ,, ,, ,, Anfang: 936260.

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	17043
Correction für Temperatur	11,9
,, ,, Wasserdunst	4,7
Gesammtmenge	17059,6
In Litern ausgedrückt	483042

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	902,7 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	22,9 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	925,6 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	252,4 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,6—90,6.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 30,2—30,2.

Untersuchung

der einströmenden Luft.				der abströmenden Luft.			
Untersuchte Luftmenge: 138,4 Liter.				Untersuchte Luftmenge: 135,5 Liter.			
Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.	Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	66,2 66,4	72,6	0,5311	Lg. Röhr.	18,6 18,6	324,0	2,4000
Kz. Röhr.	29,9 29,9	0,9		Kz. Röhr.	28,8 28,8	1,2	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,8689 Gr.
,, ,, ,, ,, ,, rückständ. Luft in d. Kammer: 1,9167 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	19,5	19,6	19,3	
1 ,,	19,4	19,4	19,1	
3 ,,	19,5	19,4	19,0	
5 ,,	20,3	20,1	19,5	
7 ,,	20,0	20,0	19,4	
9 ,,	19,5	19,4	19,1	
11 ,,	18,9	18,9	18,7	
1 ,,	18,5	18,5	18,5	
3 ,,	18,2	18,2	18,3	
5 ,,	18,2	18,3	18,2	
7 ,,	18,2	18,2	18,1	
9 ,,	18,6	18,6	18,2	
Summe	228,8	228,6	225,4	
Mittel	19,0	19,0	18,8	

Versuch Nr. VI.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	15	19	Juli 61.	Fleischtag.
Ende d. Vers.	9	15	20	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 972220.
,, ,, ,, ,, Anfang: 953375.

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	18845
Correction für Temperatur	88,5
,, ,, Wasserdunst	36,9
Gesammtmenge	18970,4
In Litern ausgedrückt	537146

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	828,6 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	18,9 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	847,5 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	231,1 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,1—90,1.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 30,0—30,0.

Untersuchung

der einströmenden Luft.				der abströmenden Luft.			
Untersuchte Luftmenge: 136,2 Liter.				Untersuchte Luftmenge: 139,9 Liter.			
Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.	Barytwasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	55,9 55,9	102,6	0,7555	Lg. Röhr.	19,0 19,05	319,72	2,2982
Kz. Röhr.	29,9 29,9	0,3		Kz. Röhr.	29,4 29,4	1,8	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,5427 Gr.
,, ,, ,, ,, ,, rückständ. Luft in d. Kammer: 1,5779 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung.	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	20,6	20,6	19,7	26,5
1 ,,	20,9	20,9	19,8	27,6
3 ,,	21,8	21,6	20,2	32,0
5 ,,	23,0	22,7	20,7	31,0
7 ,,	23,0	22,8	20,9	30,2
9 ,,	22,2	22,1	20,6	29,2
11 ,,	21,3	21,4	20,1	26,1
1 ,,	21,5	21,5	20,2	23,1
3 ,,	21,3	21,4	20,2	21,7
5 ,,	21,2	21,2	20,1	21,3
7 ,,	20,7	20,7	19,7	25,9
11 ,,	20,8	20,9	19,9	27,7
Summe	258,3	257,8	242,1	322,3
Mittel	21,5	21,48	20,17	26,8

Kohlenwasserstoffe:

4,34 Cubikfuss	=	107,9 Liter.
Correct. f. Temperat.	=	105,8 ,,
,, f. Wasserd.	=	104,8 ,,
	=	1,95 ,,
Gehalt der Röhre .	=	29,9 ,,
In 1000 Liter . . .	=	0,0186 L. CO_2
	=	2,7 L. C.

Versuch Nr. VII.

	Stunde	Minute	Tag	Monat und Jahr	Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.
Anf. d. Vers.	9	8	24	Juli 61.	Stärketag.
Ende d. Vers.	9	8	25	,, ,,	

Stand der Gasuhr zu Ende: 989975.
,, ,, ,, ,, Anfang: 972280.

	Engl. Cubikfuss
Durchgeströmte Luftmenge	17695
Correction für Temperatur	44,2
,, ,, Wasserdunst	19,8
Gesammtmenge	17759
In Litern ausgedrückt	5028406

Kohlensäure in der durchgeströmten Luft	717,66 Gr.
Rückständige Kohlensäure in der Kammer	17,54 ,,
Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . .	735,2 ,,
Darin enthaltener Kohlenstoff	200,5 ,,

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,6—90,7.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 30,1—30,2.

Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 135,95 Liter.				der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 133,75 Liter.			
Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.	Baryt-wasser	Gehalt nach dem Versuch	Kohlensäure in Mgrm.	Kohlensäure in 1000 L. in Grm.
Lg. Röhr.	64,3 64,4	78,9	0,5825	Lg. Röhr.	31,3 31,3	267,3	2,0097
Kz. Röhr.	30,0 30,1	0,3		Kz. Röhr.	29,7 29,7	1,5	

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,4272 Gr.
,, ,, ,, ,, ,, rückständ. Luft in d. Kammer: 1,4621 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

Zeit der Beobachtung.	Gasuhren. a.	b.	A.	c.
11 Uhr	21,8	22,7	22,2	24,8
1 ,,	22,9	22,8	22,2	25,6
3 ,,	23,0	22,9	22,2	26,1
5 ,,	22,9	22,8	22,1	26,6
7 ,,	22,9	22,7	22,0	26,4
9 ,,	22,8	22,6	21,9	24,8
11 ,,	22,6	22,6	21,8	23,9
1 ,,	22,3	22,3	21,6	24,2
3 ,,	22,1	22,1	21,4	24,2
5 ,,	21,8	21,9	21,2	23,2
7 ,,	21,8	21,8	21,1	25,0
9 ,,	21,8	21,8	21,1	26,4
Summe	269,7	269,0	260,8	301,2
Mittel	22,47	22,41	21,73	25,1

Ammoniakbestimmung in der abströmenden Luft:

4,05 Cubikfuss = 100,7,
Correction für Temperatur = 99,7,
,, ,, Wasserdunst = 99,2,

$\overline{Ox}$ m. 30 CC. schwachen Barytwassers = 30,5, = 0,695 Mgrm. Ammoniak.
In 1000 Lit. = 0,007 Gr. Ammoniak.
In 502846 ,, = 3,52 ,, ,,
= 2,9 ,, Stickstoff.

Aus dieser Ammoniakbestimmung kann, da sie in der abströmenden Luft allein vorgenommen wurde, auf eine Ammoniak-Ausscheidung des Körpers oder auf deren quantitative Verhältnisse n i c h t geschlossen werden.

Eine wenige Tage später vorgenommene Bestimmung in der einströmenden Luft ergab fast absolut genau die gleiche Ammoniakmenge.

Dreizehntes Capitel.

Die Ausscheidungen des thierischen Organismus unter dem Einflusse der Muskelarbeit.

§ 1.

Ist ein Einfluss der Muskelarbeit auf die Ausscheidungen des thierischen Organismus zu erwarten?

Wenn wir die Resultate unserer Untersuchung des Muskels überblicken, so scheint für den ersten Blick ein entschiedener Einfluss der Muskelaction auf die Ausscheidungen des Organismus als ein Vernunftpostulat.

Betrachten wir aber die Verhältnisse etwas eingehender, um etwaigen Selbsttäuschungen zu entgehen.

Der Tetanus ist mit einer Steigerung der Oxydationsvorgänge im Muskel verbunden. Wir sehen im Tetanus die auf Oxydationen beruhenden Zersetzungsvorgänge im Muskel gesteigert: aus einem nicht unbeträchtlichen Theil der schlecht diffundirbaren Muskelstoffe werden leicht diffundirbare Substanzen durch diesen Vorgang erzeugt. Diese Substanzen häufen sich zum Theil in dem Muskel für einige Zeit an, zum anderen Theil gehen sie nach den nothwendigen Gesetzen der Diffusion in die umgebenden Flüssigkeiten (die Lymphe und das Blut) über, nach einiger Zeit werden sie in dem Blute in entsprechender Menge wie im Muskel aufgehäuft sein. Wir haben experimentell erwiesen, dass das Blut wirklich nach dem Tetanus reicher sei als vor demselben an festen Stoffen, die offenbar nur aus dem Muskel stammen können.

Es ist klar, dass wenn das Blut mehr diffundirbare und leicht verbrennliche Substanzen, wie die sind, welche es durch den Tetanus zu-

geführt erhält, in sich vereinigt, dass einerseits die Oxydationsvorgänge, andererseits die Ausscheidungsvorgänge eine Steigerung erfahren müssen.

Diesen Auseinandersetzungen gemäss sollte man also eine Vermehrung der in der Zeiteinheit von dem Organismus gelieferten Ausscheidungsproducte — ich meine speciell Kohlenstoff und Stickstoff — erwarten.

Doch fällt uns sogleich ein, dass wir eine Hemmungseinrichtung der Oxydation im Muskel in Folge gerade der Steigerung der Oxydationsvorgänge durch den Tetanus schon kennen gelernt haben.

Wir haben im zweiten Capitel gesehen, dass die Oxydationsvorgänge im Muskel sich richten nach dem Verhältnisse des Muskelwassers zu den festen Muskelstoffen. Je grösser der Gehalt an festen Stoffen des Muskels ist, um so grösser sahen wir sein Zersetzungsvermögen für Stoffe im Tetanus; mit der Zunahme des Wassers sahen wir Hand in Hand eine Abnahme dieses genannten Vermögens.

Den Tetanus des Muskels im lebenden Thiere sahen wir mit einer Steigerung des Wassergehaltes des Muskels verbunden. Wir sind dadurch genöthigt anzunehmen, dass der Steigerung der Oxydationsvorgänge im Muskel während des Tetanus, nach seinem Verschwinden ein Zustand der Verminderung der Oxydationsprocesse auf dem Fusse folge.

Wir werden später noch einen weiteren Grund für diese Verminderung auffinden.

Was muss der Effect dieser Abwechselung von Mehr und Minder in der Oxydation im Muskel sein?

Es ist keine Frage, dass wir daraus uns die M ö g l i c h k e i t ableiten können, dass die Muskelarbeit mit gar keiner Veränderung der Quantität der Ausscheidungsstoffe des thierischen Organismus verknüpft sein könne. Wenn die Verminderung nach dem Tetanus der Vermehrung der Oxydation während des Tetanus im Muskel genau entsprechen würde, so dürften bei Betrachtung eines grösseren Zeitraumes die Ausscheidungen durch den Tetanus keine wahrnehmbare Veränderung in ihrer Quantität zeigen.

Bei kleineren Zeiträumen der Beobachtung liessen sich vielleicht noch eher Unterschiede erwarten; man könnte auf eine Periode der Steigerung eine Periode der Verminderung sich eintretend denken. Aber da die normalen Leistungen des Muskels stets nur von sehr kurzer Dauer

sind, da sie stets mit einer Periode der Ruhe abwechseln, so ist mit ziemlicher Bestimmtheit ein solcher wahrnehmbarer Einfluss der Muskelleistung auf die Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidung des Organismus auch nicht zu erwarten. —

Die in der Einleitung schon besprochenen glänzenden Untersuchungen von C. Voit haben mit aller Sicherheit erwiesen, dass durch Muskelarbeit keine Steigerung der Stickstoffausscheidung eintrete, wenn man die Ausscheidungen des arbeitenden Organismus während eines grösseren Zeitraumes — 24 Stunden — betrachtet.

Es sind von einigen Seiten Einwendungen gegen dieses Resultat gemacht worden.

Man vermuthete einen Einfluss der Muskelarbeit auf die Ausscheidungen wahrnehmen zu können, wenn man kleinere Zeiträume mit einander verglich.

Es ist leicht einzusehen, dass mit dieser Annahme nicht viel gewonnen ist.

Die Untersuchungen von C. Voit haben unweigerlich zum ersten Male ergeben, dass die Gesammtgrösse der Zersetzungen des Organismus unabhängig sei von den Einflüssen der Muskelarbeit. Sie haben ergeben, dass die Muskelarbeit die Gesammtsumme von zersetzbarem Stoffe und damit das disponible Kraftquantum im Organismus nicht vermehrt. Dieser äusserst wichtige Satz, den alle meine angestellten Beobachtungen gleichfalls bestätigen, kann durch ein etwaiges Auffinden einer momentanen Steigerung der Ausscheidungen des Organismus nicht beeinträchtigt werden. Er steht für alle Zeiten fest und muss als eine der schönsten Errungenschaften der experimentellen Forschung auf dem Gebiete der Physiologie angesehen werden, um so mehr, da er alt eingerostete oberflächliche Ansichten, welche mit anderen, geltenden Theorien im Einklange scheinend, die Forschung hemmten, widerlegte und dadurch von neuem das Interesse und die Forschung dieser wichtigen Frage zuwendete.

Für die Kohlenstoffausscheidung scheinen andere Gesetze zu gelten als für die Stickstoffabgabe. Es haben alle exact angestellten Versuche eine Steigerung der ersteren ergeben. Es wird sich fragen, ob diese Steigerung vielleicht nur eine momentane aber in grösseren Zeiträumen erst sich ausgleichende sei. Vielleicht folgt auf eine Steige-

rung der Kohlenstoffabgabe aber erst später als in 24 Stunden eine entsprechende Abnahme — Prout. — Es scheint mir dies auf's Aeusserste wahrscheinlich und es müsste sich diese Frage leicht mit den vollkommenen Mitteln der Untersuchung, die C. Voit und M. Pettenkofer zu Gebote stehen, entscheiden lassen.

Es steht doch sicher im Organismus die Oxydationsgrösse im Verhältniss zum oxydirbaren Stoffe. Hat irgend ein Umstand während eines Zeitabschnittes mehr von den oxydirbaren Stoffen verbraucht, so wird, wenn nicht übermässiger Ersatz des Verbrauchten von aussen stattfindet, der folgende Zeitabschnitt weniger oxydirbare Substanzen vorfinden, es muss danach eine Abnahme der Oxydation eintreten.

Die Versuche, die ich nach dieser Richtung angestellt habe, theile ich nur aus dem Grunde mit, weil mir jeder Beitrag zu der wichtigen vorliegenden Frage, wenn er auf Exactheit Anspruch machen kann, von Wichtigkeit scheint. Es ist klar, dass ich damit der definitiven Erledigung des Gegenstandes, die von der Seite ausgehen muss, welche die Frage überhaupt in die Wissenschaft geworfen hat, nicht vorgreife.

So wende ich mich zur Darstellung dieses Theiles meiner Untersuchung, der in den nächsten beiden Paragraphen dargelegt werden soll.

§ 2.

Die Stickstoffausscheidung des Menschen unter dem Einflusse der Muskelbewegung.

Es ist, wie das elfte und zwölfte Capitel ergaben, sehr mühsam, die Nahrungsverhältnisse des Organismus, aber besonders des Menschen, in der für exacte Ernährungsversuche nöthigen Weise zu reguliren. Ja man ist, wie ich glaube gezwungen, die Versuche alle an seiner eigenen Person, wie es von dem Autor geschah, anzustellen, da es unmöglich scheint, einen anderen Menschen in seinem Thun und Lassen so genau zu controliren, dass man sich mit voller Sicherheit auf die stattfindende Regelung seiner Diät, wie sie absolut nöthig ist, verlassen könnte.

Es ist sicher nicht leicht, den Ekel zu überwinden, der vor der gleichförmigen, nicht schmackhaften Nahrung, welche ihrer Einfach-

heit wegen sich allein zu Ernährungsversuchen eignet, gar bald eingeflösst wird. Ich glaube, dass es kaum möglich ist, durch Bezahlung ein Individuum, welches von der Tragweite der Versuche nicht vollkommen unterrichtet sein kann, dazu zu vermögen, sich dieser Unannehmlichkeit, welche so leicht zu umgehen ist, zu unterziehen.

Darum scheint mir die Behauptung nicht zu weit zu gehen, dass nur Untersuchungen an der **eigenen Person** des Untersuchers Ansprüche auf volle Glaubwürdigkeit der Resultate zu machen berechtigt sind.

Dieser Ausspruch klingt hart aber er ist sicher richtig.

Doch giebt es für manche Fälle einen Kunstgriff der Untersuchung, mit dessen Hülfe man über den schwierigsten Theil der Aufgabe, ich meine die genaue Regelung der Nahrungsbedingungen, leichteren Kaufes hinwegkommt. Es ist nämlich nach meinen Erfahrungen weit leichter, einige Zeit — bis 48 und 50 Stunden — ganz ohne Nahrungsaufnahme zu bleiben, als die Versuchsnahrung wochenlang und länger einnehmen zu müssen.

Es ist nun möglich, während des Hungers auf eine weit einfachere und kürzere Weise etwaige Einflüsse, welche auf den Organismus treffen, in ihren Wirkungen auf den Stoffumsatz desselben zu beobachten als bei Nahrungsaufnahme. Während des Hungers und absoluter Ruhe sinkt nämlich in den Morgenstunden bis Mittag die Harnstoffausscheidung des Menschen stätig. Lassen wir nun verschiedene Versuchsbedingungen, die etwa eine Steigerung des Umsatzes vermuthen lassen, auf den Organismus während dieser Zeit des Sinkens des Umsatzes einwirken, und wir sehen statt des normalen Sinkens des Umsatzes ein Ansteigen desselben gemessen aus den Quantitäten der Ausscheidungsproducte, so ist damit die gesuchte Steigerung in Folge der Versuchsbedingungen erwiesen. Ebenso ist es möglich, vermindernde Einflüsse auf den Stoffumsatz zu erkennen.

In den folgenden Untersuchungen habe ich von diesem Kunstgriffe Gebrauch gemacht. Es schien mir zuerst nöthig, das besprochene Fallen der stündlichen Ausscheidungen des N des ruhenden Organismus während des Hungers einer erneuten Prüfung zu unterwerfen. Ich stellte dazu folgenden Versuch an.

Stündliche Harnstoffbestimmung bei Ruhe am hungernden Organismus.

1.

Beginn des Versuchs 7 h Morgens.
Ende des Versuchs 9 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	245 CC.
In 10 CC. davon waren Harnstoff	0,016 Gramm
Demnach in 245 CC.	3,92 ,,
In der Stunde wurden danach ausgeschieden an Harnstoff	**1,96** ,,

2.

Beginn des Versuchs 9 h Morgens.
Ende des Versuchs 11 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	246 CC.
In 10 CC. davon waren Harnstoff	0,014 Gramm
Demnach in 246 CC.	3,444 ,,
In der Stunde wurden danach ausgeschieden an Harnstoff	**1,72** ,,

3.

Beginn des Versuchs 11 h Morgens.
Ende des Versuchs 1 h Mittags.

Ausgeschiedene Harnmenge	115 CC.
In 10 CC. davon waren Harnstoff	0,021 Gramm
Demnach in 115 CC.	2,415 ,,
Es berechnet sich danach die ausgeschiedene stündliche Menge Harnstoff auf . . .	**1,207** ,,

---

Stellen wir die Resultate übersichtlich zusammen, so finden wir.

Stündliche Ausscheidungsgrösse für Harnstoff.

Von Morgens 7—9 h stündlich	1,96	Gramm
,, ,, 9—11 h ,, ...	1,72	,,
,, ,, 11 h bis Mittags 1 h stündlich . .	1,21	,,

Wir sehen die *N*-Ausscheidung des Menschen bei vollkommener Ruhe in einem beständigen Fallen von Morgens bis zu den Mittagsstunden begriffen.

Nach diesem Vorversuche, der uns in den Vormittagsstunden des Hungertages eine Zeit erkennen lässt, in welcher die Harnstoffausscheidung in einem beständigen Fallen begriffen ist, können wir uns in der angegebenen Weise an den eigentlichen Versuch selbst machen.

Wir werden uns zu fragen haben, ob die Muskelarbeit des Organismus die Curve der Harnstoffausscheidung bei Hunger, die eine einfach abfallende ist, verändert.

Je nachdem das Experiment diese Frage beantworten wird, werden wir einen Einfluss der Bewegung auf die Harnstoffausscheidung annehmen müssen oder nicht.

Wenden wir uns sogleich zu den weiteren Versuchen.

Stündliche Harnstoffbestimmungen bei abwechselnder Bewegung und Ruhe am hungernden Menschen.

Gesammtversuch Nr. I.

Der Gesammtversuch begann mit vollständiger Entleerung der Harnblase, nachdem den Tag vorher um 1 Uhr Mittags die letzte Nahrung genommen war, um 6 Uhr Morgens.

Ende des Gesammtversuchs 1 Uhr Mittags.

I.

Harnstoffbestimmungen während der Ruhe vor der Bewegung.

1.

Beginn des Versuchs 7 h Morgens.
Ende des Versuchs 8 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	102,5 CC.
In 100 CC. waren Harnstoff	0,019 Gramm
Demnach in 102,5 CC.	**1,95** ,,

2.

Beginn des Versuchs 8 h Morgens.
Ende des Versuchs 9 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	99 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,018 Gramm
Demnach in 99 CC.	**1,78** ,,

II.

Harnstoffbestimmungen bei Bewegung.

Beginn der Bewegung (Gehen) 9 h Morgens.
Ende der Bewegung 11 h Morgens.

Schrittzahl in der Minute	120	
Pulszahl	84	nach einstündigem Gehen
Respirationen	35	

1.

Beginn des Versuchs 9 h Morgens.
Ende des Versuchs 10 h Morgens.
Ein Glas Wasser getrunken.

Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . 69 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff . . . . 0,02 Gramm
Demnach in 69 CC. . . . . **1,38** ,,

2.

Beginn des Versuchs 10 h Morgens.
Ende des Versuchs 11 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge . . . . 35 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff . . . . 0,027 Gramm
Demnach in 35 CC. . . . . **0,98** ,,

III.

Harnstoffbestimmungen bei Ruhe nach der Bewegung.

1.

Beginn des Versuchs 11 h Morgens.
Ende des Versuchs 12 h Mittags.
Ein Glas Wasser getrunken.

Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . 45,2 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff . . . . 0,028 Gramm
Demnach in 45,2 CC. . . . . **1,26** ,,

2.

Beginn des Versuchs 12 h Mittags.
Ende des Versuchs 1 h Nachmittag.
Ein Glas Wasser getrunken.

Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . 185 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff . . . . 0,012 Gramm
Demnach in 185 CC. . . . . **2,22** ,,

Stellen wir die stündlichen Resultate zusammen:

Stündlich ausgeschiedene Harnstoffmenge.

I. Bei Ruhe vor der Bewegung:

1. von Morgens 7—8 h . . . . 1,95 Gramm
2. ,, ,, 8—9 h . . . . 1,78 ,,

II. Bei Bewegung:

3. von Morgens 9—10 h . . . . 1,38 ,,
4. ,, ,, 10—11 h . . . . 0,98 ,,

III. Bei Ruhe nach der Bewegung:

5. von Morgens 11—12 h . . . . 1,26 Gramm
6. ,, ,, 12—1 h . . . . 2,22 ,,

Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir hier durch die Bewegung eine Aenderung in der Form der Harnstoffausscheidungscurve haben.

Wir sehen von 7 h Morgens an die Harnstoffausscheidung fallen; dieses Fallen geht auch noch während der Bewegung in normaler Weise weiter. Bei der auf die Bewegung folgenden Ruhe sahen wir aber an Stelle eines fortgesetzten Fallens, wie wir es bei Körperruhe erwarten müssten, ein freilich geringfügiges Ansteigen eintreten.

Wenden wir uns, ehe wir das Resultat näher besprechen, vorerst noch zu dem zweiten in dieser Richtung angestellten Versuch.

Gesammtversuch Nr. II.

Der Gesammtversuch begann 9 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme Abends 9 Uhr. Er endete den nächsten Tag um 1 Uhr Mittags.

Befinden vollkommen normal.

I.

Harnstoffbestimmungen während der Ruhe vor der Bewegung.

1.

Beginn des Versuchs 9 h Abends.
Ende des Versuchs 6 h Morgens.
Ruhe und Schlaf im Bett.

Ausgeschiedene Harnmenge	800 CC.
In 10 CC. Harn sind Harnstoff	0,227 Gramm
Demnach in 800 CC.	17,1 ,,
Daraus berechnet sich die stündliche Harnstoffmenge während der Nacht auf . .	**1,9** ,,

2.

Beginn des Versuchs 6 h Morgens.
Ende des Versuchs 7 h Morgens.
Ruhe wachend im Bett.

Ausgeschiedene Harnmenge	47 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,034 Gramm
Demnach in 47 CC.	**1,6** ,,

II.

Harnstoffbestimmungen während der Bewegung.

Beginn der Bewegung (Aufstehen aus dem Bette, dann Gehen im Freien) 7 h Morgens.
Ende der Bewegung 9 h Morgens.

1.

Beginn des Versuchs 7 h Morgens.
Ende des Versuchs 8 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	97 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,021 Gramm
Demnach in 97 CC.	**2,04** ,,

2.

Beginn des Versuchs 8 h Morgens.
Ende des Versuchs 9 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	105 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,0195 Gramm
Demnach in 105 CC.	**2,05** ,,

III.

Harnstoffbestimmungen bei Ruhe nach der Bewegung.

Ruhe, auf dem Sopha liegend.

1.

Beginn des Versuchs 9 h Morgens.
Ende des Versuchs 10 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	71 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,028 Gramm
Demnach in 71 CC.	**2,00** ,,

2.

Beginn des Versuchs 10 h Morgens.
Ende des Versuchs 11 h Morgens.

Ausgeschiedene Harnmenge	108 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,02 Gramm
Demnach in 108 CC.	**2,16** ,,

3.

Beginn des Versuchs 11 h Morgens.
Ende des Versuchs 12 h Mittags.

Ausgeschiedene Harnmenge	136 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,0175 Gramm
Demnach in 136 CC.	**2,38** ,,

4.

Beginn des Versuchs 12 h Mittags.
Ende des Versuchs 1 h Nachmittags.

Ausgeschiedene Harnmenge	83 CC.
In 10 CC. waren Harnstoff	0,02 Gramm
Demnach in 83 CC.	**1,66** ,,

Stellen wir auch hier die gewonnenen stündlichen Resultate zusammen.

Stündlich ausgeschiedene Harnstoffmenge.

I. Bei Ruhe vor der Bewegung:

1.	von Abends 9 h bis Morgens 6 h . .	1,9 Gramm
2.	von Morgens 6—7 h	1,6 ,,
	II. Bei Bewegung:	
3.	von Morgens 7—8 h	2,04 ,,
4.	,, ,, 8—9 h	2,05 ,,
	III. Bei Ruhe nach der Bewegung:	
5.	von Morgens 9—10 h	2,00 Gramm
6.	,, ,, 10—11 h	2,16 ,,
7.	,, ,, 11—12 h	2,38 ,,
8.	,, Mittags 12—1 h	1,66 ,,

Die schon im Gesammtversuche Nr. I gefundene Veränderung der Curve der stündlichen Harnstoffausscheidung des hungernden Organismus unter der Beeinflussung der Bewegung ist in diesem Versuche noch deutlicher.

Die Curve sinkt zuerst in normaler Weise während der Ruhe. In Folge der Bewegung hebt sie sich hier sogleich etwas und bleibt dann während der Bewegungszeit und noch 3 Stunden während der Zeit der Ruhe nach der Bewegung auf ziemlich gleicher Höhe; in der vierten Stunde nach der Bewegung beginnt sie erst, wieder zu sinken und damit, sich der normalen Gestalt für die entsprechende Periode des Hungers anzunähern.

Die Versuche lehren, dass in Folge der Muskelbewegung die Gestalt der Curve der Harnstoffausscheidung des hungernden Menschenorganismus eine Veränderung erfährt.

Anstatt eines fortwährenden Sinkens der Harnstoffmengen wie es bei Ruhe am hungernden Organismus während der Morgenstunden beobachtet wird, zeigt sich bei hinzukommender Muskelbewegung entweder schon bei der Bewegung selbst (Versuch Nr. II.) oder erst bei der nachfolgenden Ruheperiode (Versuch Nr. I.) eine geringfügige Steigerung des ausgeschiedenen Harnstoffquantums. Diese Steigerung bleibt während der auf die Bewegung folgenden Ruhe noch einige Zeit fortbestehen (Versuch Nr. I. und Nr. II.), um dann von einer nachträglichen raschen Verminderung abgelöst zu werden (Versuch Nr. II.).

Bei Versuch Nr. I. wurde die Beobachtung nicht solange fortgesetzt, dass die nachträgliche secundäre Verminderung der Harnstoffausscheidung nach dem anfänglichen Steigen derselben zur Erscheinung gekommen wäre.

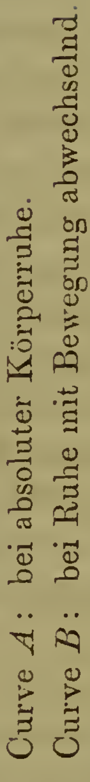
Der Versuch Nr. II. jedoch giebt ein Bild der eintretenden Steigerung und nachträglichen Verminderung in recht anschaulicher Weise.

Zum Vergleiche habe ich die beiden Curven: *A*, Harnstoffausscheidung während der Ruhe, *B*, Harnstoffausscheidung während der Bewegung im hungernden Organismus Versuch Nr. II. schematisch dargestellt.

Die Abscisse ist die Beobachtungszeit in Stunden. Die Ordinaten sind die ausgeschiedenen Harnstoffquantitäten in Gramm. Die grösseren Zahlen bedeuten die Gramm, die kleinen die Decigramm. Das Ende der beiden Curven ist identisch, den Anfang habe ich für die Curve *A* nach der Wahrscheinlichkeit ergänzt. Nur der ausgezogene Theil der Curve ist wirklich beobachtet.

Die stündlich ausgeschiedenen Harnstoffmengen sind in den beiden dargestellten Curven nicht ganz gleich. Ich hoffe aber, dass die Uebersichtlichkeit der Darstellung dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt wird, dass ich sie beide nicht auf die gleichen Grössen reducirt habe. Ich wünsche ja überhaupt nur ein schematisches Bild von dem Gang der Curven zu geben, auf die absoluten Unterschiede kommt es mir dagegen hier gar nicht an.

Die unter der Abscisse stehenden Angaben des Körperverhaltens während des Versuchs beziehen sich selbstverständlich nur auf die Curve *B*.



Stündliche Harnstoffausscheidung des hungernden Menschen.

Curve A: bei absoluter Körperruhe.

Curve B: bei Ruhe mit Bewegung abwechselnd.

Nach den Angaben der Gebrüder Weber[1]) ist es nicht schwer, die Arbeit, welche bei dem Gehen auf horizontalem Wege während der zwei Stunden geleistet wurde zu berechnen.

Um die Rechnung verständlich zu machen, werde ich am besten die eigenen Worte der berühmten Verfasser anführen.[2])

»Poisson hat im Traité de mécanique, seconde édition, tome II. Paris 1833. § 688 vom Gehen gehandelt, um einen Begriff von der Grösse der Arbeit eines gehenden Menschen oder Thieres mit Berücksichtigung der Last, die sie tragen oder ziehen, auf einem horizontalen oder geneigten Wege, zu geben. Es soll an diesem Beispiele die Anwendung des Princips der lebendigen Kräfte auf bewegte Maschinen erläutert werden. Er betrachtet die Bahn des Schwerpuncts und seine Geschwindigkeit in der Mitte jedes Schritts als gegeben, und zwar nimmt er an, dass die Bahn des Schwerpuncts ein Kreisbogen sei, der vom stehenden Beine als Radius beschrieben werde; in der Mitte dieses Kreisbogens stehe das Bein vertikal; in der zweiten Hälfte werde die Geschwindigkeit des Körpers nicht mehr durch die Muskelkraft vermehrt; am Ende werde die noch vorhandene Geschwindigkeit durch das auftretende andere Bein aufgehoben. Unter diesen Voraussetzungen berechnet er die Grösse der mit dem Gehen verbundenen Arbeit und findet sie gleich dem Producte der Zahl der Schritte in das Gewicht des Körpers und in die Summe der Höhe, bis zu welcher ein Körper mit der gegebenen Geschwindigkeit, wenn sie vertikal wäre, in die Höhe steigen würde. Dieses Resultat kann, weil es nach unseren Untersuchungen auf irrigen Voraussetzungen beruht, kaum näherungsweise zugelassen werden, doch kann man leicht die Verbesserung der Rechnung angeben, welche durch Einführung richtiger Voraussetzungen herbeigeführt wird. Es braucht nämlich nur die Höhe, bis zu welcher nach Poisson der Schwerpunct in jener Kreisbahn in die Höhe steigt, mit der Höhe vertauscht zu werden, bis zu welcher der Schwerpunct im Augenblick, wo das vordere Bein zur senkrechten Lage gelangt, plötzlich gehoben wird,[3]) und statt der lebendigen Kraft, die nach Poisson der ganze Körper in der ersten Hälfte des Schritts ge-

---

1) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. 1836.

2) A. a. O. S. 417 ff. § 162.

3) Siehe a. a. O. § 24. 92.

winnt und in der zweiten Hälfte wieder verliert, braucht nur die lebendige Kraft gesetzt zu werden, die das aufgehobene Bein in der Zeit, wo es schwingt, gewinnt und in dem Augenblick, wo es auftritt, wieder verliert. Alsdann erhält man die richtige Angabe über die Grösse der Arbeit, vorausgesetzt, dass die Luft sich mit gleicher Geschwindigkeit und nach gleicher Richtung wie der Gehende fortbewege.«

C. Voit hat[1]) eine analoge Berechnung der geleisteten Arbeit für den Hund im Steigrade ausgeführt nach den Angaben der Gebrüder Weber. Dort finden sich alle für die Rechnung erforderlichen Daten übersichtlich zusammengestellt.

Die Formel für die Grösse der von einem auf horizontalem Boden gehenden Menschen geleisteten Arbeit in Kilogrammetern während eines Schrittes ist:

$$\text{Arbeit} = P \,.\, s + \tfrac{1}{2}\,\frac{P \,.\, v^2}{g}$$

P = Gewicht des Menschen, in unserem Falle = 70 Kgrm.

s = die vertikale Erhebung des Mittelpunctes des Körpers in der Zeit (t) = 0,0317 Meter (cfr. Weber § 92).

$$v = \left(1 + \nu n t \frac{\pi}{T}\right) . \, c.$$

ν = das Verhältniss der Länge des ganzen Beines zur Entfernung von m (Schwerpunct des Körpers) und m' (Schwerpunct des Beins);

$r = \frac{1}{4}$;

$$n = \sqrt{1 + \frac{\nu\,(h-s)^2}{g\,l\,t\,t}};$$

h = Vertikalhöhe des Beins = 95,2 CM;

g = 9,808 für Paris;

l = Beinlänge bei grösster Streckung = 97 CM;

t = Zeit, in welcher der Körper auf einem Beine steht = 0,25;

T = die ganze Schwingungsdauer = 0,5;

Entfernung des Schwerpunctes des Beines vom Boden = 71,4 CM;

Höhe des Gesammtschwerpuncts = 97,8 CM;

Schrittlänge = 61,4 CM;

Geschwindigkeit der Masse des Schwerpunctes = 1,228 Meter = c.

Die Arbeit für einen Schritt berechnet sich danach auf: **3,82** Kilogrammeter.

---

1) Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes etc. 1860. S. 176 ff.

In der Gesammtzeit des Gehens während der beiden Versuche wurden je gemacht: 13200 Schritte.

Die geleistete Gesammtarbeit während zwei Gehstunden beträgt sonach in runder Zahl: **50000 Kilogrammeter.**

Der Wärmegewinn eines Individuums, wie das hier beobachtete, beträgt während 24 Stunden etwa 3000000 Wärmeeinheiten.[1]) Nehmen wir das mechanische Aequivalent der Wärme zu 430 Metergrammen an, so ergiebt sich für die geleistete Arbeit ein Wärmeverbrauch von etwa: 116000 Wärmeeinheiten = 3,9 % der gesammten Wärmeproduction. Würde die Arbeit, die ich nur zwei Stunden fortsetzte, in gleicher Grösse 8 Arbeitsstunden gedauert haben, so würde der Wärmeverbrauch dafür 15,6 % betragen: ein Wärmeverlust, der sich mit genaueren Methoden immerhin müsste nachweisen lassen. Es versteht sich, dass man auch bei derartigen Untersuchungen einen grösseren Zeitraum hindurch die Beobachtung fortsetzen müsste, da die erste Folge der Arbeitsleistung des Organismus eine Erhöhung seiner Temperatur ist, die ihren Grund, wie sich in den letzten Paragraphen des dritten Abschnitts ergeben wird, in einer Verbrennung der primären Spaltungsproducte der Muskelsubstanz zu besitzen scheint, wobei jedoch keine für die Muskelarbeit verwendbare Spannkräfte frei werden.

Offenbar kann sich der Wärmeverbrauch oder, wenn man lieber will, der Verbrauch der bei der Spaltung der Eiweisskörper frei werdenden Spannkräfte, mag man ihnen primär nun einen Namen geben, welchen man will, erst nach dieser primären Steigerung der Körpertemperatur ergeben.

Fragen wir uns, was mit dem Resultate dieses Paragraphen gewonnen ist, so müssen wir darauf antworten: sehr wenig im Sinne derer, die eine directe Beziehung der *N*-Ausscheidung zur geleisteten Arbeit erwarten.

Unsere Vorherbesprechung vor Anstellung der Versuche selbst, hat nach Würdigung der bisher bekannten Resultate ergeben, dass Schwankungen der Stoffzersetzung im Innern des Organismus vor sich gehen können, ohne dass deswegen die Grösse der Ausscheidungen des Gesammtorganismus eine Beeinträchtigung erfahren müsste. Die Ausscheidungsquantitäten entsprechen nur der Gesammtmenge der Zer-

1) C. Ludwig, Physiol. d. Menschen. 2. Aufl. 1861. S. 749.

setzungen in einer bestimmten, grösseren Zeit; nur sehr bedeutende Schwankungen in kleineren Zeiträumen machen sich auch noch geltend — z. B. in Folge des Essens — aber sie sind durchaus nicht im Stande, ein genaueres Bild kleinerer Veränderungen in dem Zersetzungsvorgange zu geben, auf welche es bei der vorliegenden Frage allein ankommen würde.

Die Arbeitsleistung des Organismus war in den beiden mitgetheilten Versuchen soweit thunlich gleich. Es wurde von demselben Individuum die gleiche Wegstrecke in der gleichen Zeit zurückgelegt. Aber wie verschieden gestaltet sich das Resultat in Beziehung auf den Ausscheidungsmodus des Harnstoffs.

In dem ersten Falle geht während der Arbeitsleistung die bei Ruhe beobachtete Verminderung fast in gesteigertem Maasse fort. Später zeigt sich eine kleine Vermehrung. In dem zweiten Versuch erhebt sich die Curve minimal und geht nach kurzer Zeit ebenfalls in das normale Fallen zurück.

Es ist klar, dass wir in der Harnstoffausscheidung eine einfache, directe Beziehung zu der Arbeitsleistung des Organismus nicht wahrgenommen haben, und somit stimmen meine Untersuchungen mit denen von C. Voit. Wir formuliren das Resultat folgendermaassen:

Die Veränderung der stündlichen Ausscheidungsquantitäten des Harnstoffs durch Muskelbewegung stehen in keinem nachweisbaren, directen Verhältnisse zur geleisteten Arbeit.

Damit beschliessen wir diesen Paragraphen und gehen zur Besprechung der von mir angestellten Kohlensäurebestimmungen am ruhenden und tetanisirten Thiere über.

§ 3.

Die Kohlenstoffausscheidung des lebenden Frosches unter dem Einflusse der Muskelbewegung.

Es schien mir wünschenswerth, die Frage direct zu entscheiden, ob bei der Kohlensäureausscheidung des Organismus sich etwa dasselbe merkwürdige Verhältniss zeigen würde, welches von C. Voit für die N-Ausscheidung sicher nachgewiesen wurde: dass keine der geleisteten Arbeit direct entsprechende Mehrausscheidung sich erweisen lasse, wenn

man die Ausscheidungen des ruhenden und tetanisirten, arbeitenden Organismus in grösseren Zeiträumen mit einander vergleicht.

Schon im § 2 dieses Capitels wurde die Möglichkeit als bestehend betrachtet, dass hier wie bei der *N*-Ausscheidung auf eine etwaige Periode der Steigerung der Ausscheidung eine Periode der Verminderung folgen könne, welche die durch die Muskelarbeit etwa gesetzten Veränderungen der Ausscheidungsgrössen wieder auszugleichen im Stande wäre. Mit anderen Worten, dass auch hier der Stoffzersetzungsvorgang im Organismus durch den Tetanus nicht eine absolute sondern nur eine momentane, relative Steigerung erfahre; dass im Grossen und Ganzen nicht mehr und nicht minder Stoffe zersetzt würden in einer etwas grösseren Zeiteinheit, mag nun während derselben Muskelarbeit geleistet worden sein oder nicht.

Es scheint uns von vorn herein diese Annahme sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Alle die Gründe, welche nach unseren bisherigen im ersten Abschnitt dieser Untersuchung niedergelegten Erfahrungen für ein solches Verhältniss bei der *N*-Ausscheidung sprachen, scheinen auch auf die *C*-Ausscheidung Anwendung zu finden.

Auch hier machte ich die Untersuchungen an einem ruhenden, hungernden Organismus: am Frosche. Ich versuchte zuerst, die mittlere Ausscheidungsgrösse für Kohlensäure durch die Respiration in der Ruhe zu bestimmen, um auf dieser Grundlage die Frage aufwerfen zu können und womöglich zur Entscheidung zu bringen, ob diese mittlere Ausscheidungsgrösse durch Muskelcontractionen gesteigert werde oder nicht, und ob diese etwa zu beobachtende Steigerung in der Folge einem Zustande der Verminderung Platz mache.

Der Kohlensäurebestimmungsapparat, den ich zu diesen Untersuchungen in Anwendung zog, war dem Wesen nach dem im sechsten Capitel dieser Untersuchung: »Vergleichende Bestimmung der durch die Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge im ruhenden und tetanisirten Muskel« gleich Die Beschreibung desselben muss an der angegebenen Stelle nachgesehen werden.

Nur der Raum, in welchen das Versuchsthier gebracht wurde, war hier ein flaches Glasgefäss mit flachem Boden und oben abgeschliffenen Rändern, auf welche ein Glasdeckel genau passte. Während des

Versuchs waren die Berührungsstellen des Deckels mit dem Glasgefässe sorgfältig mit flüssigem Wachs verstrichen und dadurch absolut luftdicht verschlossen, wie die jedesmalige Vorprüfung ergab.

Das Gefäss war gross genug, um ein, den schon beschriebenen ganz analoges, zum Befestigen des Frosches dienendes Brettchen aufnehmen zu können, auf welches der Versuchsfrosch den Rücken nach oben befestigt war.

Durch den Glasdeckel gingen luftdicht zwei Zuleitungsdrähte, welche an ihrer dem Innern des Gefässes sich zuwendenden Seite zwei Klemmen trugen. Diese beiden Klemmen wurden in die Rückenhaut des Frosches auf eine passende Weise, um als Elektroden eines tetanisirten Stromes dienen zu können, eingeklemmt. Die äusseren Enden führten zu einem »Schlüssel zum Tetanisiren«, der mit einem Magnetelektromotor verbunden war.

Man war so im Stande, ohne dass irgend etwas an der Versuchsvorrichtung geändert wurde, den Frosch innerhalb des Kohlensäurebestimmungsapparates zu tetanisiren zu einer beliebigen Zeit, und den eingeleiteten Tetanus ebenso willkürlich wieder zu unterbrechen.

Alles Uebrige ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuchsprotokolle.

Auch bei diesen Kohlensäurebestimmungen wurde die schon im sechsten Capitel beschriebene Pettenkofer'sche Titrirmethode in Anwendung gebracht.

Stündliche Kohlenstoffbestimmungen bei Bewegung und Ruhe am hungernden Frosch.

Gesammtversuch Nr. I.

Beginn 10^{h} Morgens.
Ende 8^{h} 47′ Abends.

Der Tetanus wurde durch den Magnetelektromotor erzeugt.

Jeder Versuch währte eine Stunde. Nach dieser Zeit wurde das die ausgeathmete Kohlensäure enthaltende Kölbchen mit Barytwasser entfernt und mit einem neuen ersetzt. Während der Zwischenzeit stand der Zugapparat still. Jeder neue Versuch wurde von dem Augenblicke des Wiederingangsetzens des Zugapparates an gerechnet.

In dem vorgelegten Kölbchen befanden sich je 45 CC. Barytwasser. Davon wurden stets 30 CC. herausgenommen und nachtitrirt.

30 CC. des angewendeten Barytwassers sättigten vor dem Versuche: 27,5 CC. Oxalsäure, eine andere Portion 29,8 CC; 1 CC. Säure entsprach 1 CC. Kohlensäure.

Die Versuchsgenauigkeit betrug 0,1 — 0,2 CC. der angewendeten Oxalsäure, also 0,0001 — 0,0002 Gramm Kohlensäure.

A.

Kohlensäurebestimmungen in der Respirationsluft während der Ruhe vor dem Tetanus.

30 CC. Barytwasser = 27,5 CC. Oxalsäure.

1.

Beginn des Versuchs 10 h 0′ Morgens.
Ende des Versuchs 11 h 0′ Morgens.

30 CC. des vorgelegten Barytwassers sättigten nach dem Versuche . . . . 22,7 CC. Oxalsäure
Sie erhielten demnach . . . . 4,8 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **7,2** ,, ,,

2.

Beginn des Versuchs 11 h 15′ Morgens.
Ende des Versuchs 12 h 15′ Mittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 21,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . 6,3 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **9,4** ,, ,,

3.

Beginn des Versuchs 12 h 31′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 1 h 31′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 22,7 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . 4,8 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **7,2** ,, ,,

4.

Beginn des Versuchs 1 h 47′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 2 h 47′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 21,5 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . 6,0 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **9,0** ,, ,,

B.

Kohlensäurebestimmung während des Tetanus.

60 CC. Barytwasser = 27,5 CC. Oxalsäure.

5.

Beginn des Versuchs 3 h 7′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 4 h 7′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . .	20,9 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach	6,8 Mgrm. CO_2
In der Stunde wurden demnach ausgeschieden	**10,2** ,, ,,

C.

Kohlensäurebestimmungen während der Ruhe nach dem Tetanus.

30 CC. Barytwasser sättigten 29,8 CC. Oxalsäure.

6.

Beginn des Versuchs 4^h 15′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 5^h 15′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch	24,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach	5,8 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . .	**9,7** ,, ,,

7.

Beginn des Versuchs 5^h 29′ Abends.
Ende des Versuchs 6^h 29′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch	22,3 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also	7,5 Mgrm. CO_2
In einer Stunde waren demnach ausgeschieden	**11,3** ,, ,,

8.

Beginn des Versuchs 6^h 37′ Abends.
Ende des Versuchs 7^h 37′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch	23,6 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach	6,2 Mgrm. CO_2
In einer Stunde wurden also ausgeschieden .	**9,4** ,, ,,

9.

Beginn des Versuchs 7^h 47′ Abends.
Ende des Versuchs 8^h 47′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch	25,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also	4,8 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren ausgeschieden	**7,2** ,, ,,

Stellen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

Nr. I.

Stündliche Kohlensäureausscheidung des Frosches.

A. In der Ruhe vor dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 1. . .	7,2 Mgrm. CO_2
,, ,, 2. . .	9,4 ,, ,,
,, ,, 3. . .	7,2 ,, ,,
,, ,, 4. . .	9,0 ,, ,,
Im Mittel	**8,2** ,, ,,

B. während des Tetanus:			
Versuchsstunde Nr. 5 . . .	10,2	Mgrm.	CO_2
C. in der Ruhe nach dem Tetanus:			
Versuchsstunde Nr. 6 . . .	9,7	Mgrm.	CO_2
„ „ 7 . . .	11,3	„	„
Im Mittel aus den drei letzten Versuchen .	**10,4**	„	„
Versuchsstunde Nr. 8 . . .	9,4	„	„
„ „ 9 . . .	7,2	„	„
Im Mittel	**8,3**	„	„

Das Resultat des Versuches ist sehr deutlich:

Es findet während des Tetanus der Gesammt-Musculatur des Organismus eine Steigerung der Kohlensäureabgabe in der Respiration statt, die analog den bei der *N*-Ausscheidung beobachteten Verhältnissen, noch einige Zeit — zwei Stunden — in der Ruhe nach dem Tetanus anhält. Später sinkt die Ausscheidung wieder auf die Höhe während der Ruhe vor dem Tetanus zurück. Ein Sinken unter diese Höhe lässt dieser Versuch nicht erkennen.

Wenden wir uns sogleich zur Darlegung des zweiten für die vorliegende Frage angestellten Versuches.

Gesammtversuch Nr. II.

Beginn 11 h 5′ Morgens.
Ende 4 h 53′ Abends.

Die Contractionen, die ich der Kürze wegen auch hier Tetanus nennen werde, wurden durch Unterbrechung des constanten Stromes: vier kleine Grove'sche Elemente durch einen Tactmesser erzeugt.

Die Versuchsbedingungen waren sonst die gleichen wie in Gesammtversuch Nr. I.

Es wurden auch 45 CC. eines Barytwassers vorgelegt, von welchem 30 CC. 27,2 CC. Oxalsäure sättigten. Die Stärke des Barytwassers blieb sich während dieses Versuches gleich.

Der Frosch wog: 29,5 Gramm.

Alles Andere ergeben die Versuchsprotokolle der Einzelversuche.

Der Frosch wurde, um ihn ruhig zu halten, von aussen mit einem Tuche bedeckt.

A.

Kohlensäurebestimmung in der Respirationsluft während der Ruhe vor dem Tetanus.

1.

Beginn des Versuchs 11 h 5′ Morgens.
Ende des Versuchs 12 h 5′ Mittags.

30 CC. des vorgelegten Barytwassers sättigten noch nach dem Versuche . . . . 21,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . 6,2 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **9,3** ,, ,,

2.

Beginn des Versuchs 12 h 14′ Mittags.
Ende des Versuchs 1 h 14′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . . 22,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . 5,0 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **7,5** ,, ,,

B.

Kohlensäurebestimmung während des Tetanus.

3.

Beginn des Versuchs 1h 26′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 2h 26′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . . 21,7 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . 5,5 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **8,25** ,, ,,

C.

Kohlensäurebestimmungen während der Ruhe nach dem Tetanus.

4.

Beginn des Versuchs 2h 34′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 3h 34′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . . 19,6 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . 7,6 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **11,4** ,, ,,

5.

Beginn des Versuchs 3h 44′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 4h 45′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . . 21,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . 6,0 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **9,0** ,, ,,

6.

Beginn des Versuchs 4 h 53′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 5 h 53′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch	22,5 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach	4,7 Mgrm. CO_2
In der Stunde waren also ausgeschieden . .	**7,05** ,, ,,

Stellen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

Nr. II.

Stündliche Kohlensäureausscheidung des Frosches.

A. In der Ruhe vor dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 1 . . .	9,3 Mgrm. CO_2
,, ,, 2 . . .	7,5 ,, ,,
Im Mittel	**8,35** ,, ,,

B. Während des Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 3 . . .	8,25 Mgrm. CO_2

C. in der Ruhe nach dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 4 . . .	11,4 Mgrm. CO_2
Im Mittel aus Nr. 3 und 4	**9,8** ,, ,,
Versuchsstunde Nr. 5 . . .	9,0 ,, ,,
,, ,, 6 . . .	7,05 ,, ,,
Im Mittel	**8,0** ,, ,,

Auch dieser zweite Versuch zeigt eine Steigerung der Kohlensäureabgabe in der Respirationsluft in Folge des Tetanus. Die Steigerung fällt hier auf die erste Versuchsstunde der Ruhe nach dem Tetanus.

Es scheint dieser Versuch uns eine Andeutung zu geben, dass das gesuchte Wechselverhältniss der Steigerung **der CO_2-Abgabe** in erster und der Verminderung dieser Abgabe in zweiter Linie in Folge des Tetanus, wie dies die Versuche von C. Voit für die Harnstoffausscheidung nachgewiesen, wirklich existirt.

Die Steigerung der CO_2-Abgabe in der Stunde nach dem Tetanus — 11,4 Mgrm. CO_2 — betrug, verglichen mit dem Mittel aus den beiden vor dem Tetanus angestellten Versuchen, das die Ausscheidungsgrösse 8,35 Mgrm. CO_2 ergeben hatte: 3,05 Mgrm. CO_2 oder — die obige Mittelzahl = 100 gesetzt — **32,9**% der CO_2-Ausscheidung während der Ruhe.

Nehmen wir dagegen die vier letzten Versuchsstunden zusammen und berechnen aus ihnen das Mittel für die stündliche CO_2-Ausscheidung, so erhalten wir für diese Grösse: 8,91 Mgrm. CO_2. Das Mittel aus den beiden ersten Versuchen ohne Tetanus beträgt: 8,35 Mgrm. CO_2. Wir sehen, dass der Unterschied, welcher bei Betrachtung der einzelnen Versuchsstunden und ihrer Einzelresultate sich sehr deutlich herausstellt, bei der Betrachtung des Gesammtresultates fast vollkommen verschwindet. Der Unterschied der Resultate beträgt jetzt nur noch zu Gunsten der CO_2-Ausscheidung während und nach dem Tetanus: 6,7 %, während er bei jenem Einzelversuche 32,9 % betragen hatte.

Wir beschliessen damit diese kurze Mittheilung der in der vorliegenden Frage: über den Einfluss des Tetanus auf den Gesammtorganismus angestellten Versuche. Schliesslich fasse ich die Resultate dieses Capitels kurz zusammen.

§ 4.

Resultate.

1. Die stündliche **Harnstoff**ausscheidung des Menschen wird durch Muskelarbeitsleistung in geringem Maasse gesteigert.

2. Diese Steigerung beginnt entweder schon während der Arbeitsleistung selbst oder erst in der Zeit der Ruhe nach derselben, in der sie einige Zeit andauert.

3. Die angestellten Versuche lehren jedoch auch:

Eine directe Beziehung zwischen der beobachteten Vermehrung der Harnstoffausscheidung des Menschen in Folge der Muskelarbeit und der Muskelarbeit selbst lässt sich nicht erkennen.

Damit bestätigen meine Versuche das gleiche Resultat von C. Voit.

4. Die stündliche Kohlensäure-Ausscheidung des Gesammtorganismus — Frosch — wird in Folge des Tetanus nicht unbeträchtlich gesteigert.

5. Diese Steigerung beginnt wie die der Harnstoffausscheidung entweder schon während des Tetanus selbst oder erst nach demselben in der Zeit der Ruhe und dauert einige Zeit an.

6. Auf die anfängliche Steigerung der Ausscheidung der Kohlensäure in Folge des Tetanus scheint eine Ver-

minderung derselben zu folgen, welche die bei Betrachtung kleiner Zeiträume sich zeigende Veränderung der Ausscheidungsquantitäten verwischen kann, cfr. Versuch Nr. II.

Es spricht dies dafür, dass eine **absolute** Steigerung der Kohlensäureabgabe durch den Tetanus ebensowenig existirt als der Harnstoffausscheidung; dass der Tetanus das in der Ruhe vorhandene zersetzbare Material nicht vermehrt — Voit —.

DRITTER ABSCHNITT.

Chemische Hemmungseinrichtungen der Muskelaction.

Vierzehntes Capitel.

Die ermüdenden Stoffe im Allgemeinen.

---

§ 1.

Rückblick und Versuchsplan.

Die zwei ersten Hauptaufgaben, die wir uns bei Beginn der vorliegenden Untersuchung gestellt haben, haben wir soweit es in unseren Kräften stand und soweit es die gegebenen Verhältnisse uns erlaubten, gelöst.

Wir haben die Muskelsubstanz selbst mit Beziehung auf ihre physiologischen Zustände einer eingehenden Prüfung unterworfen und haben dadurch neben der Bestätigung älterer Erfahrungen eine Reihe neuer Thatsachen zu Tage gefördert. Wir haben sodann die Beziehungen des Gesammtorganismus zu dem Tetanus des Muskels betrachtet, und die dort gewonnenen Resultate in ganzer Ausdehnung hier bestätigt gefunden.

Für die Fortsetzung unserer Untersuchung sind folgende der bisher gewonnenen Resultate die bedeutungsvollsten:

1. Die Steigerung der Oxydation innerhalb des Muskels während des Tetanus wird nach dem Tetanus wieder compensirt durch eine eintretende Verminderung der im Muskel vor sich gehenden Oxydationsprocesse.

2. Der Muskel ist während des Tetanus nur im Stande einen verhältnissmässig kleinen Bruchtheil der zu physiologischen Zersetzungen disponibeln Stoffmenge zu zersetzen. Es existirt demnach im Muskel offenbar eine mit dem Tetanus sich entwickelnde Hemmungsvorrichtung der Zersetzung und Oxydation der Muskelstoffe.

An diese Ergebnisse schliessen sich zunächst die weiteren Untersuchungsfragen an:

1. Worin besteht diese erkannte Hemmungsvorrichtung der Oxydation und damit der Muskelleistungen? und

2. Wie haben wir uns ihre Wirkungsweise zu denken? —

Es liegt nahe, die postulirte Hemmungseinrichtung: den Grund der Ermüdung! in der erkannten Veränderung der chemischen Muskelconstitution zu suchen, die eine Folge des Tetanus ist.

Wir wissen, dass sich während des Tetanus im Muskel eine Reihe von Stoffen bildet und anhäuft, die im ruhenden, leistungsfähigen Muskel entweder gar nicht, oder nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind.

Es wäre möglich, dass auf dem gesteigerten Gehalte des tetanisirten Muskels an diesen Stoffen die beobachteten Veränderungen in seinem Chemismus beruhten.

Es wird unsere nächste Aufgabe sein, diesen Gedanken einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Wir werden die einzelnen Stoffe, die wir nach dem Tetanus vermehrt im Muskel vorfinden, auf ihre Wirkung auf das Muskelgewebe zu prüfen haben.

In den folgenden Paragraphen soll dies geschehen.

Ueber den Einfluss der Vermehrung des Wassers im Muskel nach dem Tetanus auf die in dem Muskel stattfindenden Oxydationsprocesse haben wir schon gesprochen.

Es ist klar, dass schon durch eine solche Wasservermehrung, wenn wir uns die oxydirenden Einflüsse, die auf den Gesammtmuskel einwirken, constant denken (was sie in Wahrheit nicht einmal sind, wie später erwiesen werden soll) eine dem Tetanus folgende Verminderung in der Oxydationsgrösse erklärt werden kann.

Indem die Muskelstoffe durch das Dazwischentreten von Wasser auf einen grösseren Raum auseinander getrieben werden, werden sie gleichsam rareficirt und ein gegebenes, gleichbleibendes Quantum Sauerstoff findet auf einem gleichgrossen Theile der Muskelsubstanz entsprechend weniger oxydirbares Material vor.

Die Wirkung dieses Momentes muss noch um so mehr in die Augen springend werden, wenn wie im concreten Falle die Oxydationsbedingungen auch im Uebrigen nicht gleich bleiben, sondern eine bedeutendere Verminderung erfahren.

Abgesehen von diesem schon erkannten Vorgang bleibt uns für die Capitel dieses dritten und letzten Abschnittes unserer Untersuchung noch Alles zu thun übrig. In der bisherigen physiologischen Literatur finden sich, soviel mir bekannt, keine Experimentaluntersuchungen in unserem Sinne vor. Dies hindert jedoch nicht, dass die bisher in der Physiologie schon geltende Ansicht über das Wesen der Ermüdung sich mit der unserigen im Allgemeinen in Uebereinstimmung befand. Ausser der Annahme — Harless z. B. — dass die Ermüdung auf Verbrauch des zersetzbaren Materials im Muskel beruhe, die nach unseren bisherigen Untersuchungen als vollkommen zurückgewiesen angesehen werden muss, finden wir z. B. in dem Lehrbuche von C. Ludwig folgende Darstellung des inneren Grundes der Ermüdung des Muskels:

»Die Zusammenziehung ermüdet den Muskel darum, weil sie die chemische Beschaffenheit umgestaltet.«[1])

Wenden wir uns sogleich zur Untersuchung selbst.

§ 2.

Die Einwirkung der Circulation auf den ermüdeten Muskel.

So sehr es in meiner schon anfänglich gefassten Absicht lag, die Einwirkung der im Muskel bei dem Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte, die wir nach dem Tetanus in ihm angehäuft finden, auf die Leistungsfähigkeit des Muskels zu untersuchen, so wurde ich doch auf den Modus dieser Untersuchung durch eine zufällige Beobachtung hingeführt.

Bei der Herrichtung der Präparate für die chemischen Beobachtungen, die im ersten Abschnitte der vorliegenden Untersuchung in ihren Resultaten mitgetheilt worden sind, hatte ich die Gewohnheit, auch bei den mit Strychnin vergifteten und dadurch getödteten Thieren den Kopf abzuschneiden.

Es zeigte sich hiebei ein merkwürdiges und sehr auffallendes Phänomen.

Nach dem Blutaustritt aus dem Rumpfe in Folge des Abschneidens des Kopfes, ja in manchen Fällen momentan nach dem Augenblicke des Blutausströmens selbst, kehrten öfters bei Fröschen, welche durch

---

1) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. S. 446. 1858.

einen energischen, langandauernden Strychnintetanus vollkommen ermüdet waren, so dass sie auf tactile Hautreize nicht mehr durch einen Reflextetanus oder auch nur durch eine einfache, schwache Reflexzuckung antworteten, heftige Reflexkrämpfe zurück, die an Stärke den anfänglich eingetretenen kaum Etwas nachzugeben schienen.

Diese neu aufgetretenen Krämpfe waren oft sehr anhaltend In einem Falle waren die am Nachmittage nach vollkommenem Verschwinden der Reactionsfähigkeit auf äussere Reize geschlachteten Thiere (die oberen, restirenden Körpertheile derselben) noch am anderen Morgen schwach erregbar. Ja sogar die abgeschnittenen Köpfe zeigten wieder eintretende Erregbarkeit, indem sie, nachdem auch bei ihnen die Reaction auf äussere Einflüsse verschwunden war, nach dem Verbluten wieder auf Reiz die Augenlider zu bewegen begannen.

Das beschriebene Phänomen tritt unter Umständen mit ausserordentlicher Deutlichkeit hervor; doch kann es sich auch ereignen, dass es fast vollkommen ausbleibt oder wenigstens zur Unscheinbarkeit zusammenschwindet.

Es ist klar, dass ich aufmerksam gemacht durch diese Erfahrung mein Augenmerk bei der Untersuchung der Frage nach dem Grunde der Ermüdung zuerst den hier zufällig gesetzten Verhältnissen des Versuches zuwendete.

Nach dem Abschneiden des Kopfes gefolgt von Blutaustritt aus dem reactionslos gewordenen Frosch hatte ich die Contractionsfähigkeit der Muskeln zurückkehren sehen.

Es mussten die beiden Fragen zur experimentellen Beantwortung aufgeworfen werden:

1. Ist etwa das beobachtete Phänomen ein Grund des Abtrennens des Gehirnes von dem Rückenmark? oder

2. Ist etwa das Blut als solches bis zu einem gewissen Grade ein Hinderungsmittel der Zusammenziehung des Muskels?

Die experimentelle Beantwortung der ersten Frage über den etwaigen Einfluss des Abtrennens des Kopfes versuchte ich auf zwei Wegen.

Zuerst suchte ich zu beobachten, ob die Fähigkeit zur Muskelcontraction auch wiederkehre, wenn die Verblutung ohne Abtrennen des Kopfes z. B. aus dem Herzen erfolgte, und zweitens ob nach dem Verbluten die Abtrennung des Kopfes noch eine erkennbare Wirkung zeige.

Auf den Gedanken, dass etwa das Abschneiden des Kopfes von Wirksamkeit auf die beobachtete Erscheinung der Wiederkehr der Muskelcontractionsfähigkeit sein könne, war ich durch die bekannte Erfahrung gekommen, dass die Reflexe nach dem Köpfen bei weitem grössere Energie zeigen als bei dem gesunden, lebenden Thiere; eine Erfahrung, welche durch die Entdeckung des Ortes des Reflexhemmungscentrums im Gehirne des Frosches durch Setschenow ihre Aufklärung gefunden hat.

Lässt man das Blut direct aus dem Herzen auspumpen, nachdem der Frosch reactionslos geworden ist, so kehren wie in dem oben besprochenen Falle die Reflexkrämpfe gleichfalls zurück, das nachträgliche Abschneiden des Kopfes zeigt auf dieses Ergebniss keine erkennbare Wirkung.

Es mögen hier zum Exempel der Versuchsresultate einige Versuchsprotokolle ihre Stelle finden.

Versuche.

Wiederherstellung der Erregbarkeit des Froschmuskels nach vollständiger Ermüdung auf Strychnintetanus durch Verbluten aus dem Herzen.

Nr. I.

Grosser Frosch.

Vergiftung mit einer sehr verdünnten Strychninlösung von einer Hautwunde am Rücken aus.

Starker Tetanus, langandauernd.

Nach Aufhören der Reflexzuckungen, Bloslegen des Herzens, das nur noch schwach und langsam schlägt. Verbluten aus einem Schnitt in die Herzkammer.

Die Zuckungen kehren wieder, aber schwach.

Nach Durchschneiden des Rückenmarkes trat keine Veränderung in der Stärke der wiedergekehrten Zuckungen ein.

Das Durchschneiden des Rückenmarkes zeigte keinen erhöhenden Einfluss auf die Zuckungen.

Nr. II.

Mittelgrosser Frosch.

Vergiftung mit Strychninlösung, sehr verdünnt, von einer Hautwunde am Rücken aus.

Starker Tetanus.

Nach Aufhören der Reflexe, Verbluten aus dem Herzen.

Die Zuckungen kehren zurück, aber schwach.

Nach Durchschneiden des Rückenmarks hören die Zuckungen ganz auf!

Nr. III.

Mittelgrosser Frosch.

Vergiftung wie in den beiden vorstehenden Versuchen.

Starker Tetanus.

Nach Verschwinden der Reflexe, Verbluten aus dem Herzen.

Die Zuckungen kehren stark zurück und andauernd.

Nach Durchschneiden des Rückenmarkes bleiben sich die Zuckungen in ihrer Stärke gleich.

Alle Versuche lehren, dass wir es, wie in den beispielsweise mitgetheilten, nicht mit einer directen Einwirkung des Abtrennens des Setschenow'schen Reflexhemmungscentrums vom Rückenmarke zu thun haben, wenn wir unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen die Leistungsfähigkeit der Muskeln wieder zurückkehren sehen; es scheint dagegen alles für eine directe Einwirkung der Entfernung des Blutes aus dem Organismus zu sprechen.

Die Versuche in der oben angegebenen Weise angestellt, werden dadurch in ihrer Deutlichkeit beeinträchtigt, dass wenn der für die Beobachtung erforderliche Zustand der Ermüdung eingetreten ist, auch das Herz nur sehr schwach noch schlägt, sodass also nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der gesammten Blutmenge auf diese Weise aus dem Organismus entfernt werden kann. Doch war bei allen von mir angestellten Versuchen der angegebene Effect wahrnehmbar.

Ich bemühte mich, das Resultat mit grösserer Sicherheit hervorbringen zu lernen. Es gelang mit folgender Methode.

Von der Ermüdung des Muskels durch Strychnin sah ich vollkommen ab und benützte zu dem vorliegenden Zweck den Tetanus durch den Magnetelektromotor, den du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat.

Der Frosch wurde dazu auf dasselbe Versuchsbretchen befestigt, auch die Bauchseite nach oben, welches im zweiten Abschnitt im zehnten Capitel § 1 beschrieben wurde und dort zu den Experimenten ge-

dient hatte, welche zur Entscheidung der Frage nach dem Orte der Erzeugung der Kraft für die Muskelcontraction angestellt wurden. Obere und untere Extremitäten waren durch Kautschukstreifen gehalten, die unteren Extremitäten wurden auf ein blankes Zinkblech, an welches ein Zuleitungsdraht befestigt war, aufgedrückt. Quer in der Mitte des Bretchens vertiefte es sich zu einer mit Glas ausgelegten Rinne, welche dort die eingespritzte Kochsalzlösung, die zur Verdrängung des Blutes aus dem Körper gedient hatte, ohne sie mit der unteren Elektrode in Berührung zu bringen, in ein untergestelltes flaches Glasgefäss abzuleiten hatte. Bei unseren jetzigen Versuchen hat sie denselben Zweck der Ableitung.

Das blanke Zinkblech, von dem eben die Rede war, diente auch hier als untere Elektrode.

Die obere Elektrode bestand wieder aus einem passend gekrümmten Kupferhaken, der durch das Maul eingestochen wurde. Ein Draht führte von dieser Elektrode wie von der erstbeschriebenen zu einem Schlüssel zum Tetanisiren. Von hier aus waren sie mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates verbunden. Die primäre Rolle stand mit einem kleinen Daniell'schen Elemente in Verbindung, doch so, dass der Strom des Elementes bald unterbrochen, bald geschlossen wurde durch das Uhrwerk, dessen Zeiger durch Quecksilber ging. Bei dem Eintauchen des Zeigers in die Quecksilberrinne wurde der Strom geschlossen und auf diese Weise bei geöffnetem Schlüssel Tetanus hervorgerufen, welcher mit dem Spiel des Inductionsapparates wieder verschwand, wenn der Zeiger das Quecksilber wieder verliess. Auf diese Weise wurde durch das Spiel des Apparates in je einer Minute viermal Tetanus und viermal Ruhe in gleichen Zeiten hervorgebracht. Die secundäre Spirale wurde anfänglich so gestellt, dass sie eben einen energischen Tetanus hervorbrachte. Wurden die Ströme zu schwach, so wurde die Rolle mehr und mehr aufgeschoben, bis endlich nach ein und einer halben Stunde etwa die Erregbarkeit vollkommen erschöpft war.

Der Apparat spielte fort, das Herz des Thieres wurde blosgelegt und durch einen Schnitt in den Bulbus aortae das Blut zum Austreten gebracht. Dieselben Ströme, die vorher vollkommen erfolglos waren, brachten nun wieder, wenn auch schwache, Zuckungen hervor.

Um den Erfolg zu verstärken, wurde eine Spritze in die Aorta

eingebunden und, nachdem eine Gegenöffnung an der Herzkammer gemacht war, eine Kochsalzlösung von 0,5 % eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus entfernt. Hiernach ist das Resultat sehr deutlich und es versagte mir niemals. Die Erregbarkeit hält nach der Entfernung des Blutes manchmal eine längere Zeit, bis zu einer halben Stunde, wieder an. Ist sie wieder verschwunden, so kann noch mehrmals, freilich mit stets sinkendem Erfolge, der Einspritzungsversuch wiederholt werden.

Die halbprocentige Kochsalzlösung wurde als eine dem Muskel fast vollkommen unschädliche Flüssigkeit, in welcher ausgeschnittene Muskeln Tage lang ihre Erregbarkeit unverändert erhalten können, angewendet — Kühne —.

Die eben mitgetheilten Versuche zeigen, dass durch das Austreten des Blutes und noch mehr durch das Auswaschen desselben Verhältnisse gesetzt werden, unter welchen der ermüdete Muskel seine Reactionsfähigkeit wieder erlangt.

Der Gedanke, dass das Blut selbst eine Hemmung der Bewegung bis zu einem gewissen Grade abgeben könne, ist durch die schon oben citirten Versuche im zehnten Capitel vollständig zurückgewiesen. Wir brauchen hier nur auf die dort gegebenen Untersuchungsbeispiele zu verweisen, um jeden Gedanken an einen derartigen Grund der beobachteten Erscheinung auszuschliessen.

Das Blut übt als solches keinen hemmenden Einfluss auf die Muskelaction aus.

Bei den a. a. O. angestellten Versuchen zuckte der blutreiche Unterschenkel in manchen Fällen noch fast eine Stunde fort, nachdem der blutleere schon aufgehört hatte, auf elektrischen Reiz zu reagiren.

Nachdem es festgestellt ist, dass wir in der besprochenen Erscheinung der Wiederkehr der Zuckungen bei durch Tetanus vollkommen ermüdeten Fröschen durch das Entfernen des in dem Organismus enthaltenen Blutes nicht an eine specifische Wirkung des Blutes auf den Muskel zu denken haben, liegt der Gedanke nahe, ob nicht das Austreten des Blutes, wie das Auswaschen desselben eine begleitende **Nebenwirkung** besitzen, welche der in Frage stehenden Erscheinung zu Grunde liege. Die Ansicht drängte sich sogleich auf, dass das Blut

und die eingespritzte Salzlösung bei ihrem Durchströmen durch den Muskel, ganz analog der normalen Circulation des Blutes, aus dem Muskelgewebe wenigstens einen Theil der durch den Tetanus gebildeten Zersetzungsproducte auswasche und dadurch den Muskel, der durch die Aenderung seiner chemischen Beschaffenheit ermüdet war, wieder in einen Zustand versetze, welcher es ihm erlaube, auf Reize, die vorher schon vollkommen unwirksam geworden waren, nun wieder mit Zuckungen zu antworten. Mit anderen Worten lässt sich diese Hypothese folgendermassen formuliren:

Der Muskel häuft im Tetanus Zersetzungsproducte seiner Substanz in sich auf (namentlich Fleischmilchsäure). Diese Zersetzungsproducte hindern durch ihr mechanisches Vorhandensein den Muskel an der Ausübung seiner Function. Werden diese Zersetzungsproducte durch die normale Blutcirculation oder durch die künstlich wiederhergestellte — das Ausfliessenlassen des Blutes aus dem Organismus — oder durch directes Auswaschen der Muskeln durch eine indifferente Flüssigkeit — 0,5 pCt. Kochsalzlösung — aus dem Muskel entfernt, so tritt für ihn die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, wieder ein, der ermüdete Muskel erholt sich wieder.

Diese Hypothese erklärt nicht alle Erscheinungen der Erholung nach Ermüdung, wir werden in der Folge sehen, dass dabei noch andere Momente in Frage kommen.

Es schien nicht schwer, diese eben aufgestellte Hypothese experimentell zu prüfen. Auf die gleiche Weise, in der es gelang, ermüdete Muskeln durch Auswaschen der Zersetzungsproducte wieder reactionsfähig zu machen, musste es möglich sein, frische, leistungsfähige Muskeln zu ermüden durch das Einspritzen derselben Zersetzungsstoffe, wie sie im Tetanus im Muskel gebildet werden.

Zu diesem Zwecke bot sich eine bei 45° C. bereitete Fleischbrühe aus Froschmuskeln, welche alle die fraglichen Zersetzungsproducte enthält, als das einfachste Mittel dar. Es wurden je sechs Frösche geschlachtet und aus ihrem Schenkelfleische durch 15 Minuten langes Erwärmen auf die angegebene Temperatur mit der halbprocentigen Kochsalzlösung eine Brühe gewonnen, die filtrirt sich einspritzen liess. Das Fleisch war vor dem Erwärmen fein zerschnitten, so dass man die grösste Menge der Zersetzungsproducte bei dem Erwärmen gewinnen musste.

Der Frosch wurde in der oben auseinandergesetzten Weise auf dem Brette zum Tetanisiren befestigt und der Abstand der secundären von der primären Rolle bestimmt, bei welcher die erste Zuckung des Gastrocnemius erfolgte. Dann wurde das Herz angeschnitten, dadurch die Hauptmasse des Blutes entfernt und wieder der oben angegebene Rollenabstand abgelesen. Nun wurde die Spritze in eine Aorta eingebunden und nach Anlegung einer Gegenöffnung am Herzen zuerst halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus herausgewaschen, wozu 25 CC. Flüssigkeit genügen, und der Rollenabstand von neuem abgelesen. Jetzt erst, nachdem eine etwaige directe Einwirkung der Salzlösung ausgeschlossen war, wurde die mit den Stoffen der Fleischbrühe beladene Salzlösung eingespritzt. Der gehoffte Erfolg blieb aus.

Anstatt, dass der Punct der ersten Zuckung nach der Seite der stärkeren Ströme verlegt worden wäre, wurde die Erregbarkeit der Frösche durch die Einspritzung für eine dauernde Zeit erhöht; die secundäre Spirale musste um eine nicht unbedeutende Strecke von der primären Rolle entfernt werden, um den Anfangspunct der Zuckung zu erreichen, nachdem die Fleischbrühe eingespritzt war.

Dabei war es auffällig, dass das Herz fast momentan seine Arbeit einstellte, wenn es mit der Fleischflüssigkeit in Berührung kam. Wurde die eingespritzte Fleischbrühe wieder durch neu eingebrachte Kochsalzlösung verdrängt, so sank oder stieg je nach den Verhältnissen die Erregbarkeit wieder auf das anfängliche Maass und das Herz begann sogleich seine Thätigkeit in normaler Weise.

Ein Beispiel mag genügen, die beobachteten Verhältnisse anschaulich zu machen. Die Zuckungen wurden durch den Schlüssel hervorgebracht.

Tabelle I.

Erhöhung der Erregbarkeit durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit.

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand der Thiere.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Zustand des Herzens.
10 hor. 50′	1.	Herz blosgelegt.	150	Herzschlag normal.
54′	2.	Blutleere.	152	
	3.	Es wurde in zwei Abschnitten Salzwasser eingespritzt.	155	,,
	4.		154	,,
11 hor. 3′	5.		155	,,
4—8′	6.	Fleischbrühe-Einspritzung in 4 Abschnitten.	**166!**	Das Herz macht sehr matte und langsame Bewegungen.
	7.		**175!**	
	8.		174	
9′	9.		173	
10′	10.		170	
11′	11.		166	
12′	12.		163	
12 hor. 13′	13.		160	
14′	14.		160	
15′	15.		157	
16′	16.		156	
17′	17.	Der Frosch bewegte sich spontan.	155	
			156	Herz sehr matt, nur die Vorhöfe pulsiren noch.
18′	18.		155	
19′	19.		154	
20′	20.		154	
22′	21.		153	
28′	22.		153	
31′	23.		152	Herz schlägt nicht mehr.
33′	24.		150	
35′	25.		149	
35—39′	26.	Salzwasser eingespritzt, in zwei Abschnitten.	**155!**	Das Herz schlägt rasch und stark, — normal.
40′	27.		**157!**	
42′	28.		156	
45′	29.		156	

Die Salzwasser-Einspritzung in den frischen Frosch zeigte in allen von mir beobachteten Fällen keinen merklichen Einfluss auf seine Erregbarkeit. Das Steigen der Erregbarkeit durch die Einspritzung der Fleischflüssigkeit betrug in vorliegendem Falle 21 Mm. am Schlittenapparate. Aehnliche Werthe für die Steigerung ergaben sich in allen Fällen. Nach der Steigerung trat anfänglich rasch, später sehr lang-

sam ein Absinken der Erregbarkeit ein und diese fiel nach einiger Zeit meist unter die anfängliche Grösse, aber nur sehr unbedeutend.

Eine Steigerung in der Erregbarkeit in dem eben gebrauchten Sinne des Wortes tritt auch nach spontanen Zuckungen des Thieres oder nach elektrischen Zuckungen ein.

Um die etwaige Betheiligung des Nervensystemes an dieser Erscheinung auszuschliessen, wurden Versuche an mit Curare vergifteten Thieren angestellt. Das Ergebniss der Versuche war in sofern verschieden von dem eben mitgetheilten, als jetzt die anfängliche Steigerung der Erregbarkeit, zum Beweise, dass wir es hier mit einer Nebenwirkung auf die Nerven zu thun haben, nach dem Einspritzen der Fleischflüssigkeit entweder nur sehr gering ausfiel oder sogar gänzlich ausblieb. Auch hier sank die Erregbarkeit sehr langsam nach dem Einspritzen unter die anfänglich beobachtete Höhe. Es konnte durch Einspritzen von Salzwasser die Erregbarkeit nach dem Absinken wieder hergestellt werden.

Diese Beobachtung des verschwindenden Einflusses der Fleischflüssigkeits-Einspritzung auf die Erregbarkeit des Muskels wurde dadurch noch unerklärlicher, dass Muskeln, direct in die Fleischflüssigkeit gebracht, die bei dem Einspritzen in die Blutgefässe kaum eine Wirkung auf die Erregbarkeit hervorbrachte, darin ziemlich rasch abstarben. Folgender Versuch kann als Beleg dafür dienen.

Die Gastrocnemien eines munteren Thieres wurden erst frisch auf ihre Erregbarkeit geprüft in einem analogen Apparate, wie er bei der Vergleichung der Dauer der Erregbarkeit bei blutleeren und bluthaltigen Unterschenkeln gedient hatte. Die Kupferstacheln waren ebenfalls in die erhaltenen Stümpfe der Oberschenkelknochen gestossen. In die Achillessehne war je ein Kupferhaken gestossen, welche beide in das Quecksilbergefäss eintauchten. Die so auf ihre Erregbarkeit geprüften Muskeln wurden der eine in halbprocentige Kochsalzlösung, der andere in Fleischflüssigkeit gebracht und in Pausen auf ihre Erregbarkeit geprüft, nachdem sie sorgfältig mit Filtrirpapier von der anhaftenden Flüssigkeit befreit waren. Die übrigen Verhältnisse ergeben sich aus der Tabelle.

Tabelle II.

Erregbarkeit der Muskeln nach dem Liegen in Salzwasser und Fleischflüssigkeit.

Zeit.	Nummer der Prüfung.	Benennung des Muskels.	Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm.
11 hor. 11′	1.	Gastrocnemius No. I.	200
		Gastrocnemius No. II.	195
von	2.	Gastrocnemius No. I.	
12′—27′		= Fleischbrühmuskel	202
in den beiden		Gastrocnemius No. II.	
Flüssigkeiten		= Kochsalzmuskel	189
32′—47′	3.	Fleischbrühmuskel	201
		Kochsalzmuskel	189
11 hor. 55′ —	4.	Fleischbrühmuskel.	200
12 hor. 10′		Kochsalzmuskel	190
14′—29′	5.	Fleischbrühmuskel	177
		Kochsalzmuskel	188
37′—52′	6.	Fleischbrühmuskel	170
		Kochsalzmuskel	188
12 hor. 55′—	7.	Fleischbrühmuskel	65
2 hor. 37′		Kochsalzmuskel	185
2 hor. 42′ —	8.	Fleischbrühmuskel	15
4 hor. 25′		Kochsalzmuskel	152
4 hor. 30′ —	9.	Fleischbrühmuskel	0
6 hor. 30′		Kochsalzmuskel	105

Wir sehen, dass in einer Zeit, in welcher der Muskel in der Kochsalzlösung noch gut erregbar ist, der in der Fleischflüssigkeit befindliche seine Erregbarkeit vollkommen verloren hat.

Diese Beobachtung zusammengehalten mit der anderen, dass das Herz so entschieden dem Einflusse der Fleischflüssigkeit unterliegt in dem erwarteten Sinne, liessen den Gedanken fassen, dass in dem frischen, leistungsfähigen Organismus sich Bedingungen vorfinden, welche den Erfolg der künstlichen Ermüdung des Muskels durch Einspritzen der durch den Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte zu verhindern im Stande wären.

Dafür sprach auch der Umstand, dass die Muskeln, in welche man Fleischbrühe eingespritzt hatte, nach ihrem Ausschneiden aus dem Froschkörper nur eine sehr minimale sauere Reaction zeigten, obwohl die eingespritzte Fleischbrühe an sich lebhaft blaues Lackmuspapier röthete. Die in den Lymphräumen enthaltene Flüssigkeit reagirte dabei stets noch alkalisch. Es lag nahe, der die Säure neutralisirenden Lymphe den Mangel des erwarteten Erfolges zuzuschreiben. Es

musste der Versuch gemacht werden, die Lymphe aus dem Versuch möglichst auszuschliessen.

Um die Lymphe aus der Concurrenz mit der eingespritzten Fleischflüssigkeit auszuschliessen, konnten mehrere Wege eingeschlagen werden. Entweder konnte man durch Einspritzen von halbprocentiger Salzlösung in die Lymphräume der Schenkel diese von Lymphe auswaschen, — oder man konnte durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit zugleich von aussen ansäuern. Das einfachste Verfahren zu dem angegebenen Zwecke ist, dem Frosche die Haut der unteren Extremitäten auszuziehen und diese letzteren mit der Kochsalzlösung abzuspülen. Alle drei Versuchsweisen gaben gleiche Resultate. In folgender Tabelle ist beispielsweise ein solcher Versuch ausführlich dargestellt.

Der Frosch wurde mit Curarelösung durch eine Rückenwunde vergiftet. Nachdem er vollkommen reactionslos geworden, wurde die linke Art. iliaca mit der Art. sacralis media unterbunden. Hierauf wurde die Haut der beiden unteren Extremitäten mit möglichster Vorsicht abgezogen, der Frosch sorgfältig in Kochsalzlösung gewaschen und mit ungeleimtem Papier getrocknet, der Frosch sodann an dem Brette wie gewöhnlich befestigt. Alle anderen Angaben enthält die Tabelle.

Tabelle III.

Einspritzen von Fleischbrühe in die lymphfreien Extremitäten.

Zeit.	Nummer der Zuckungen.	Bezeichnung der Extremitäten.	Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm.
3 hor. 50′	1.	Linker Schenkel (die Arterien unterbunden)	104
		Rechter Schenkel	107
		(Beide vor dem Einspritzen.)	
55′	2.	Nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit: links	105
		rechts	95
57′	3.	links	105
		rechts	93
4 hor. 4′	4.	links	108
		rechts	87
15′	5.	links	108
		rechts (schwache fibrilläre Zukkung)	80

Zeit.	Nummer der Zuckungen.	Bezeichnung der Extremitäten.	Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm.
4 hor. 18′	6.	Neue Einspritzung von Fleischflüssigkeit: links	117
		rechts	70
22′	7.	links	118
		rechts	69
		(Fibrilläre Zuckung an den Oberschenkelmuskeln, der Gastrocnemius zuckt nicht mehr.)	
30′	8.	links	118
		rechts	69
		(Nur noch der Rectus fem. zuckt.)	
33′	9.	links	118
		rechts	65
50′	10.	links	110
		rechts	0!!
		(Nur noch der Musc. rectus fem. contrahirt sich auf ganz starke Schläge, die übrigen Muskeln sind todt.)	

Das Versuchsergebniss spricht für sich selbst. Während die (linke) Extremität, welche durch die Unterbindung der Arterien von der Einwirkung der eingespritzten Fleischflüssigkeit ausgeschlossen, ihre volle Erregbarkeit bewahrte, verlor die Extremität, welche unter der Einwirkung der Fleischflüssigkeit stand, rasch die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, sie ermüdete.

Es stellte sich neben diesem Resultate noch das andere heraus, dass der mit Fleischbrühe ausgespritzte Muskel sich sehr viel schwächer zu contrahiren schien, als der gesunde, schon zu einer Zeit, in der die Erregbarkeit selbst sich noch wenig verändert zeigte. Es gehörte eine viel bedeutendere Annäherung der Rollen dazu, den Fleischbrühemuskel zu einem kräftigen Tetanus zu bringen, als der gesunde Muskel dazu erforderte. Es schien wünschenswerth, diese Beobachtung experimentell weiter zu prüfen.

Es bot sich dazu derselbe einfache Apparat als geeignet dar, den man schon S. 222 in Anwendung gebracht haben, der dort als „Muskelzeiger“ beschrieben wurde.

Genau dieselbe Versuchsvorrichtung, welche dort gedient hatte, wurde auch zu den folgenden Versuchen gebraucht.

Nach den dort gegebenen Auseinandersetzungen werden nun einige Versuchsresultate, welche ich mittheilen werde, leicht verständ-

lich sein. Das bisher eingehaltene Verfahren des Tetanisirens, Einspritzens etc. blieb vollkommen dem in den bisherigen Versuchen angewendeten Verfahren gleich.

Das Abziehen der Haut der unteren Extremitäten ist nicht nöthig. Die Versuche wurden wie die vorigen an Curare-Fröschen angestellt.

Zur Bereitung der Fleischflüssigkeit wurden je 6 Frösche für 25 CC. verwendet.

Um sichere Resultate zu erzielen, muss die Einspritzung der Fleischflüssigkeit in Pausen stets in kleinen Mengen auf einmal vorgenommen werden; dann genügen 25 CC. der Flüssigkeit, die anderen Falles nur sehr schwach wirksam sein können. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmaassregel hatte ich stets das gewünschte Resultat. Folgende Tabelle möge als Beispiel dienen, wie sich die Versuche praktisch gestalteten.

Tabelle IV.

Fleischbrühe-Kraftversuch.

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
11 hor. 40′	40	Das Thier frisch, das Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden	8,5°
45′	,,	Erste Einspritzung von Fleischbrühe, das Herz schlägt nicht mehr	7,0°
47′	,,	—	7,0°
50′	,,	Zweite Einspritzung von Fleischbrühe (das Einspritzen selbst bringt schwachen Tetanus hervor)	7,0°
51′	,,	—	2,0°
52′	,,	—	**0°!!**
60′	,,	—	1°
63′	,,	Einspritzung von halbprocentiger Kochsalzlösung, das Herz schlägt wieder	5,0°
64′	,,	—	**5,5°!**
75′!	,,	—	5,0°

Das Resultat ist sehr deutlich. Ein gut leistungsfähiger Muskel wird durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit, der bei dem Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte, fast momentan vollkommen ermüdet; Auswaschen der ein-

gespritzten ermüdenden Stoffe stellt seine Leistungsfähigkeit wieder her!

Der Rollenabstand muss so klein genommen werden, wie er in dem vorstehenden Versuch angewendet wurde, um etwaige kleine Schwankungen der Erregbarkeit des Muskels, wie sie natürlich in Folge des Versuchs eintreten, ausser Wirksamkeit zu setzen.

Auch bei diesen Versuchen zeigt sich das Phänomen der spontanen Erholung nach der Ermüdung in dem blutleeren Muskel unter Umständen. Die Fleischflüssigkeit muss dazu etwas weniger concentrirt sein. Auch hierbei erholt das Herz sich nur sehr selten und unvollständig. Am deutlichsten ist natürlich die Erholung bei Muskeln, denen man nur eine geringere Menge Fleischflüssigkeit eingespritzt hat und die dadurch ihre Leistungsfähigkeit nicht vollkommen eingebüsst haben. Ich theile auch ein solches Resultat beispielsweise mit. Die Versuchsbedingungen sind wie oben.

Tabelle V.

Spontane Erholung bei einem Fleischbrühe-Kraftversuch.

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Frischer Curarefrosch, Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden	7,5°—8°
3′	,,	Fleischflüssigkeit eingespritzt, fibrilläre Zuckungen und schwacher Tetanus in Folge der Einspritzung; Herz schlägt nicht mehr	4,0°
4′	,,	—	**3,0°!**
5′	,,	—	3,0°
8′	,,	—	3,5°
10′	,,	—	**5,0°!**
13′	,,	—	5,0°
14′	,,	Halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt; das Herz schlägt wieder	**6,5°**
22	,,	—	6,5°

Wir sehen, dass die ermüdende Einwirkung der Fleischflüssigkeit auch durch Bedingungen, die von der Circulation unabhängig sind und die sich nach der Ent-

fernung des Blutes aus dem Organismus noch im demselben vorfinden, aufgehoben werden kann.

Es scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir hier wie oben der Lymphe als einer wiederherstellenden Flüssigkeit begegnen.

Der Muskel erholt sich nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit spontan bei normaler Gegenwart der Lymphe.

An diesem Orte schon will ich darauf aufmerksam machen, wie wir uns diese wiederherstellende Wirkung der Lymphe vorzustellen haben. Erstens müssen wir an die Neutralisation des sauren Muskelsaftes durch die Lymphe denken, wie diese schon oben hervorgehoben wurde. In dem folgenden Capitel wird zum directen Beweise dieser Annahme ein Versuch angestellt werden, auf den ich hier verweise — Neutralisation der Milchsäure innerhalb des Muskels durch kohlensaures Natron. — Auf der anderen Seite besitzt aber der Frosch auch in der seinen Muskel umspülenden Lymphe einen ziemlichen Ersatz für die Blutcirculation in dem Sinne des Auswaschens im Muskel angehäufter Stoffe, solange die Lymphherzen ihre Thätigkeit noch nicht eingestellt haben. Auch ohne eine wirkliche Circulation oder vielmehr Bewegung der Lymphe müssen fortwährend zwischen ihr und dem Muskelsafte Diffusionsvorgänge stattfinden, die den Erfolg besitzen, den Muskel von den ermüdenden Stoffen zu befreien. —

So ist es uns demnach gelungen, unsere Vermuthung, dass wir den Grund der Ermüdung des Muskels in den Veränderungen der Muskelsubstanz durch den Tetanus zu suchen haben, vollkommen zu bestätigen.

Die extreme Ermüdung des Muskels, wie wir sie bei unseren Versuchen entweder durch Strychninkrämpfe oder durch elektrischen Tetanus herbeiführten, kennzeichnet sich in ihrem Einflusse auf die Muskelzersetzungsvorgänge dadurch, dass während derselben die während und in Folge des Tetanus gesteigerte Oxydation der primären Muskelstoffe, auf welchem Vorgange die Muskelleistung beruht, eine so bedeutende Verminderung erfahren, dass keine Kraft zur Verwendung nach aussen zur Erzeugung einer Contraction mehr disponibel wird.

Wir haben nachgewiesen, dass dieser Zustand der Ermüdung schon eintrete, lange ehe aller zu physiologischen Zwecken zersetzbare Muskelstoff verbraucht sei, und haben eben daraus auf das Bestehen einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzung geschlossen, die sich während

der Muskelaction ausbildet. In der Erholung nach der Ermüdung sehen wir nicht sowohl eine Ansammlung von neuem Stoff im Muskel, der nachdem der erste vollkommen verbraucht ist, neues Material zur Krafterzeugung lieferte; sondern wir müssen das Hauptgewicht legen nach unseren bisherigen Beobachtungen auf die Wegschaffung einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzung der [überflüssig für eine weit grössere Arbeitsleistung als sie der Muskel je hervorzubringen im Stande ist] sich in ihm aufgespeichert vorfindenden Stoffmasse.

Dieses Verhältniss besteht nicht nur in unserer Einbildung, sondern es ist direct erwiesen durch die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche.

Es ist die Anwesenheit der im Muskel bei normaler Zersetzung sich bildenden Producte im Muskelinnern, die wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat, die Leistungen des Muskels vollkommen aufhebt.

Nicht eine Zufuhr neuen, zersetzbaren Stoffmateriales sondern ein einfaches Entfernen der betreffenden Zersetzungsproducte aus dem Muskel stellt dessen Leistungsfähigkeit wieder her.

Wir sind so im Stande allein durch geeignete Entfernung von gewissen Stoffen aus dem Muskel die normale Leistungsfähigkeit bedeutend zu steigern und es dient diese Erkenntniss rückwärts zur Bestätigung unseres auf ganz anderem Wege gefundenen Satzes, dass der Muskel unter gewöhnlichen Verhältnissen im Tetanus nur einen kleinen Theil seiner möglichen physiologischen Zersetzungen wirklich ausführt. Er kann ja, wenn wir die entstehende Hemmung künstlich wegräumen, immer neue und neue Leistungen hervorbringen d. h. er findet immer noch neuen Stoff zur physiologischen Zersetzung vorräthig.

Es ist klar, dass wir mit unserer Methode die wirklich anfänglich vorhandene verbrauchbare Stoffmenge nie gänzlich verbrauchen lassen können. Wir werden also auf diesem Wege, auch wenn wir eine Methode sie exact zu bestimmen hätten, niemals die absolute Leistungsfähigkeit des Muskels messen können, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte. Während wir den Muskel durch Auswaschen von den in ihm enthaltenen, seine physiologische Thätigkeit hemmenden Stoffen befreien, waschen wir ja auch mit diesen stets einen Theil des genannten zersetzbaren Materiales aus ihm heraus. So erklärt es sich, dass die erneuten Auswaschungen einen immer schwächer werdenden herstellenden Erfolg erkennen liessen. —

Somit ist unsere Untersuchung in dem vorliegenden Capitel dem endlichen Ziele bedeutend näher gerückt.

Es bleiben uns für die Folge nur noch folgende Hauptfragen zu lösen übrig:

1. Was sind das für Stoffe, welche der Fleischflüssigkeit ihre ermüdenden Eigenschaften für dem Muskel ertheilen, uns

2. Wie sind diese Stoffe im Stande eine solche Wirkung hervorzubringen.

In den nächsten Capiteln sollen diese Fragen so weit möglich ihre Erledigung finden. Besonders wird es natürlich die zweite Frage sein, die uns in Beziehung auf ihre **vollkommene** Lösung unübersteigliche Schwierigkeiten in den Weg stellen wird —

Fassen wir zum Schlusse des Capitels die gewonnenen Resultate zusammen:

Resultate.

1. Die Leistungsfähigkeit der durch Tetanus im lebenden Thiere ermüdeten Muskeln kann durch das Entfernen des Blutes wiederhergestellt werden.

2. Diese Wiederherstellung besitzt ihren Grund in der durch das Austreten des Blutes aus dem Muskel gleichzeitig gesetzten theilweisen Entfernung der während des Tetanus angehäuften Muskelzersetzungsproducte.

3. Die Wiederherstellung ist noch vollkommener, wenn der Muskel mit einer für ihn indifferenten Flüssigkeit ausgewaschen wird.

4. Umgekehrt ist ein gut leistungsfähiger Muskel, indem man ihn mit den normalen Zersetzungsproducten der Muskelsubstanz imprägnirt, in den Zustand normaler Ermüdung zu versetzen. Seine Fähigkeit, auf minimale elektrische Reize zu reagiren — seine Erregbarkeit —, wird erhöht, während seine Fähigkeit, Gewichte zu heben — seine Leistungsfähigkeit —, vernichtet resp. vermindert wird.

5. Dieser künstlich erzeugte Zustand der Ermüdung kann nach beiden genannten Richtungen durch Auswaschen mit einer indifferenten Flüssigkeit wieder aufgehoben werden.

6. Unter normalen Verhältnissen erfolgt die Wiederherstellung nach Ermüdung theils durch Entfernen der Muskelzersetzungsproducte durch die Circulation, theils durch Neutralisation der sauer gewordenen Muskelflüssigkeit durch die den Muskel umspülenden alkalischen Flüssigkeiten. —

Schlussbemerkungen.

Ich stellte zur Controle der am Frosche gewonnenen Resultate auch Versuche an warmblütigen Thieren — Kaninchen — an.

Die Resultate waren weniger eclatant als beim Frosche, was zu erwarten war.

Ich unterband die Aorta abdominalis, wie es bei dem Stannius'schen Versuch geschieht, und tetanisirte die unteren Extremitäten bis zum Reactionsloswerden. Es wurde sodann eine einprocentige blutwarme Kochsalzlösung eingespritzt und die Muskeln damit ausgewaschen. Unter diesen Umständen zuckten die Muskeln wieder auf directen Reiz, aber schwach.

War die Todtenstarre schon in geringem Grade eingetreten, so gab die Auswaschung keine Resultate.

Ich constatirte nebenbei die Beobachtung von W. Kühne, dass die Muskeln bei dem Stannius'schen Versuche nach der Unterbindung der Aorta abdominalis, wenn sie vom Nerven aus vollkommen unerregbar sind, doch durchaus noch nicht todtenstarr sind. Es scheint die in dem Blute und den Geweben sich in Folge der Unterbrechung der Circulation anhäufende Kohlensäure zu sein, welche lähmend auf die Nervencentralorgane einwirkt. Die Muskeln ergeben, vor dem Unterbinden der Aorta und nach dem Eintritt der vollkommenen Lähmung geprüft, keinen merklichen Unterschied in der Erregbarkeit — Nerven — und wie es scheint auch der Leistungsfähigkeit. Bei derselben Rollenstellung am Inductionsapparate erfolgte unter den angegebenen Bedingungen die erste Zuckung, bei derselben Rollenstellung der erste andauernde Tetanus.

Fünfzehntes Capitel.

Die einzelnen ermüdenden Stoffe.

---

§ 1.

Wirkung der normal im Muskel vorhandenen Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz auf den Muskel und das Nervensystem: Vorbesprechung.

Wir haben im letzt-vorausgegangenen Capitel die schon aus den vorausgehenden Untersuchungen mit Bestimmtheit als vorhanden postulirte Hemmungseinrichtung der Muskeloxydation und damit der Muskelleistungen, die sich während und in Folge der Contractionen des Muskels ausbildet, als im Allgemeinen begründet gefunden in der Anwesenheit der in einem wässerigen Auszug des todtenstarren Muskels nach dem Kochen vorhandenen Muskelzersetzungsproducte.

Es sind dies bekanntlich dieselben Stoffe, welche sich nach dem Tetanus im Muskel vermehrt gefunden haben:

1. Milchsäure
2. Kreatin
3. Kreatinin
4. Zucker, zu denen
5. Kohlensäure

im tetanisirten Muskel noch hinzu kommt, die natürlich in der auf ihre Wirksamkeit auf die Muskelsubstanz im vorausgehenden Capitel geprüften Fleischflüssigkeit fehlte.

Wir werden zunächst unsere Aufmerksamkeit den Wirkungen dieser Stoffe im Einzelnen zuzuwenden haben, nachdem wir sie im vorhergehenden Capitel in ihrer Gesammtheit betrachtet haben.

Es wird sich fragen, ob die ermüdende Wirkung der Fleischflüssigkeit auf der Anwesenheit eines oder mehrerer oder aller genannten

Stoffe beruhe, oder ob vielleicht nur ihre Gesammtheit Verhältnisse setze, welche keiner allein hervorzurufen im Stande ist.

Wir werden bei der Prüfung der Wirkungen dieser oben genannten Stoffe ganz denselben Weg einzuschlagen haben, den wir für die Fleischflüssigkeit im vorigen Capitel gefunden haben.

Wir bedienen uns wieder als Maass für die Erregbarkeit des Muskels resp. Nerven des Rollenabstandes der secundären Rolle des du Bois Reymond'schen Schlittenapparates von der primären, bei welchem die erste minimale Zuckung bemerkbar wird.

Als Bild für die Leistungsfähigkeit werden wir wieder die Zuckungsgrösse des Muskels am Muskelzeiger gemessen betrachten bei einem constanten Rollenabstand des Magnetelektromotors von 40 M M.

Gehen wir sogleich zur Darlegung der angestellten Versuche selbst über.

§ 2.

Die Milchsäure in ihren Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Das Resultat aller angestellten, sehr zahlreichen Versuche lässt sich in den Satz zusammenfassen:

Die Ergebnisse der Milchsäure-Einspritzungen in den leistungsfähigen Muskel stimmen vollkommen mit denen der Fleischflüssigkeits-Einspritzungen überein.

Auch hierbei zeigte sich, dass eine Flüssigkeit — 25 CC. halbprocentige Kochsalzlösung mit 3 gtt. — 20 gtt. Milchsäure —, in welcher ein ausgeschnittener Muskel sehr rasch seine Leistungsfähigkeit einbüsste, in die Blutgefässe des Frosches eingespritzt, zwar das Herz tödtete, die Erregbarkeit der Skeletmuskeln aber anfänglich erhöhte. Auch hier folgte der anfänglichen Erhöhung der Erregbarkeit, die bei Curare-Fröschen ebenfalls fast ganz verschwand, nur sehr langsam und wenig in die Augen springend ein Absinken derselben. Auch bei diesen Einspritzungen zeigte sich, dass während der Erregbarkeit des Muskels zunahm oder ungeändert blieb, die Kraft desselben sehr rasch vernichtet wurde.

In folgenden Tabellen sind Beispiele dieser Art zusammengestellt, die ein Bild der beobachteten Verhältnisse geben sollen. Die Versuchsvorrichtungen waren die gleichen, wie sie in den bisher besprochenen Versuchen angewendet wurden.

Versuch I.

Steigerung der Erregbarkeit des Muskels durch Milchsäure-Einspritzung.

(50 CC. Salzwasser + 5 gtt. Milchsäure.)

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung. Mm.	Bemerkungen.
	1.	Unvergifteter Frosch, frisch	139	
	2.	—	140	
	3.	Blutleer	140	
	4.	Salzwasser 20 CC. eingespritzt . .	140	
	5.	Milchsäure (50 CC. + 5 gtt. Säure eingespritzt . . .	140	Anfangs allgemeiner Tetanus, später fibrilläre Zuckungen aller Muskeln, die fortdauern. Das Herz wird nach einigen raschen Schlägen schlaff, nur die Vorhöfe pulsiren langsam, später auch sie nicht mehr.
4 hor. 55′	6.	—	153	
	7.	—	154	
5 hor. 2′	8.	—	**163!**	
3′	9.	—	156	
5′	10.	—	151	
7′	11.	—	147	
9′	12.	—	147	
13′	13.	—	148	Die fibrillären Zuckungen haben aufgehört!
20′	14.	—	153	
22′	15.	—	154	
24′	16.	—	156	
26′	17.	—	158	
28′	18.	—	160	
34′	19.	—	161	
57′	20.	—	161	

Der Versuch lehrt, dass bei einem gesunden Frosche einer anfänglichen Erhöhung der Muskelerregbarkeit ein allmähliches Absinken derselben folgt, begleitet von Zuckungen des Muskels. Diese Zuckungen verschwinden in der Folge und damit — mit dem Schwächerwerden der Einwirkung der Säure — sehen wir wieder ein Ansteigen der Erregbarkeit.

Die anfängliche Erhöhung der Erregbarkeit des Muskels und die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen die herabsetzende Einwirkung der Milchsäure auf die Muskelerregbarkeit vermögen wir ebenso, wie wir dies bei der Fleischflüssigkeit im Stande waren, dadurch auszuschliessen, dass wir den Versuch an einem Curarefrosch anstellen und die Lymphe aus dem Körpertheile, dessen Erregbarkeit geprüft werden soll, entfernen. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

Versuch II.

Absinken der Erregbarkeit des Muskels bei Milchsäure-Einspritzung (50 gtt. Kochsalzlösung + 40 gtt. Säure) nach Entfernung der Lymphe.

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Bemerkungen.
1′	1.	Frosch mit Curare vergiftet, Herz blosgelegt etc. . . .	87	
3′	2.	Säure-Einspritzung	89	Fibrilläre Zuckungen, Herz blass und verschrumpft.
4′	3.	—	84	
7′	4.	—	80	
8′	5.	—	79	
9′	6.	Zweite Säure-Einspritzung	82	
10′	7.	—	79	
16′	8.	Dritte Säure-Einspritzung	80	
18′	9.	—	77	
20′	10.	—	74	
26′	11.	—	72	
31′	12.	—	70	
36′	13.	—	69	
41′	14.	—	65	
46′	15.	—	63	
51′	16.	—	59	
56′	17.	—	20	
60′	18.	—	20	
1 hor. 5′	19.	—	0!!	

Die Lymphräume waren bei diesem Versuch mit der halbprocentigen Kochsalzlösung ausgespritzt und dadurch von Lymphe möglichst befreit. Die Concentration der eingespritzten Säure war so gross, dass der Blutfarbstoff sogleich schwarz dadurch wurde; der Muskel fing jedoch erst sehr spät an, merkliche Veränderung in seiner Erregbarkeit zu zeigen. Nach jeder neuen Säureeinspritzung zeigte sich eine minimale Erhöhung der Erregbarkeit.

Zum Schlusse des Versuches reagirten nur noch die Fussmuskeln auf den elektrischen Reiz. —

Folgende Tabelle enthält eine Kraftmessung nach Milchsäureeinspritzung.

Versuch III.

Milchsäure-Kraftversuch.

(25 CC. Salzlösung + 20 gtt. Milchsäure.)

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Curare-Frosch, Herz blosgelegt, Spritze eingebunden . . .	8,0°
3′	,,	Milchsäure-Einspritzung . . .	4,0°
6′	,,	—	2,0°
7′	,,	—	1,5°
8′	,,	—	1,0°
9′	,,	—	0,5°
10′	,,	—	0°!

Bei dem vorstehenden Versuche wurde nur eine Einspritzung vorgenommen, dadurch trat die Ermüdung etwas langsamer ein, als sie es bei mehrmaligem Einspritzen thut.

Wir sehen aus den vorstehenden Versuchen, dass die Milchsäureeinspritzungen sich vollkommen analog in ihren Resultaten verhalten, wie die Einspritzungen von saurer Fleischflüssigkeit. Es lässt sich danach der Satz aussprechen:

Die Milchsäure, die in dem tetanisirten Muskel frei enthalten ist — Fleischmilchsäure — vermag alle die Phänomene der Ermüdung hervorzubringen, die wir von der Fleischflüssigkeit beobachtet haben. —

Es schien mir wünschenswerth zu sein, die Ansicht, dass die alkalische Lymphe durch Neutralisation der Säure deren ermüdende Wirkung aufzuheben im Stande sei, experimentell zu prüfen. Ist es die Alkalinität der Lymphe, welche in Frage kommt bei dem Vorgange der spontanen Erholung des ermüdeten blutfreien Muskels, so musste sich durch Neutralisation der eingespritzten Milchsäure, welche den Muskel ermüdete, auch durch eine andere alkalische Flüssigkeit als Lymphe, derselbe Effect erzielen lassen.

Ich wählte zu diesem Zwecke eine verdünnte Lösung von kohlensaurem Natron. Es war vor allem nöthig, ihre Einwirkung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels für sich allein zu prüfen.

Die zu diesem Zwecke angestellten Versuche waren vollkommen analog den bisher besprochenen Kraftmessungsversuchen. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurde, nachdem der Muskel durch Säure-

Einspritzung ermüdet war, vorsichtig die alkalische Flüssigkeit eingespritzt und der Effect beobachtet.

Wie die Milchsäure, so wurde auch das kohlensaure Natron mit der halbprocentigen Kochsalzlösung verdünnt. Die Alkalinität der Flüssigkeit entsprach möglichst der der Lymphe.

Versuch IV.

Kraftversuch mit kohlensaurem Natron.

Zeit.	Abstand der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Curare-Frosch etc.	9,5°
3′	„	Einspritzung von 25 CC. Natronlösung, das Herz schlägt sehr rasch und stark . . .	9,0°
5′	„	—	9,0°
6′	„	Das Herz hört auf zu schlagen, die Vorhöfe pulsiren rasch .	8,0°
9′	„	—	7,5°
10′	„	—	6,0°
14′	„	Die Herzkammer schlägt . .	5,2°
15′	„	—	4,0°
16′	„	—	3,0°
17′	„	—	2,8°
18′	„	—	2,0°
19′	„	—	1,5°
20′	„	—	1,5°
23′	„	—	1,0°
24′	„	—	0,8°
26′	„	—	**0,5°!** minimale Zuckung.

Der Effect der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den leistungsfähigen Muskel ist demnach eine langsame Abnahme seiner Leistungsfähigkeit, welche mit vollkommener Leistungsunfähigkeit endet.

Es ist klar, dass, wenn wir bei der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den durch Milchsäureeinspritzung vorher ermüdeten Muskel eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit desselben erhalten, dies nicht auf einem Verdrängen der Säurewirkung durch die Alkaliwirkung beruhen kann, da letztere ja nicht die Leistungsfähigkeit erhöht, sondern herabsetzt. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

Versuch V.

Zeit.	Abstand der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Curare-Frosch etc.	7,5°
3′	„	Milchsäure-Einspritzung (25 CC. + 20 gtt. Säure) .	4,0°
4′	„	—	3,5°
5′	„	—	3,0°
5,5′	„	—	2,0°
6′	„	—	1,5°
7′	„	—	1,0°
8′	„	—	0°!
10′	„	Einspritzung von kohlensaurem Natron (25 CC. + 20 gtt. Na O.CO_2)	1°!
12′	„	—	2,0°
13′	„	—	2,5°
15′	„	—	1,5°
17′	„	Zweite Einspritzung von Na O.CO_2	1,5°
18′	„	—	1,0°
19′	„	—	0,5°
20′	„	—	0°

Das Resultat entspricht unseren Erwartungen. Die vorsichtige Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure im Innern des Muskels vermag dessen Leistungsfähigkeit wieder herzustellen. Natürlich ist diese Wiederherstellung stets nur ein unscheinbares Phänomen, verglichen mit dem Resultate der Ausspritzung der ermüdenden Substanzen durch eine indifferente Flüssigkeit. Eine Flüssigkeit, welche durch ihre eigene Anwesenheit die Leistungsfähigkeit des Muskels vernichtet, wird stets nur vorübergehende Resultate zu erzielen im Stande sein.

Nachdem die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Muskels durch Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure wieder verschwunden ist, ist der Muskel in einen Zustand versetzt, in dem er durch Salzwasser-Injection nicht mehr zu Kraftäusserungen gebracht werden kann; wenigstens sind die nachträglichen indifferenten Injectionen nur von minimaler Wirkung. —

Zum Schlusse dieser Untersuchung über die Einwirkung der Milchsäure auf den Muskel und den Nerven habe ich auf folgende bisher im Texte der Darstellung der Versuche noch nicht erwähnte Resultate aufmerksam zu machen.

Das Erste, was ich zu erwähnen habe, ist die constante Beob-

achtung, dass auf das Einspritzen der Milchsäure in den Muskel regelmässig starke Muskelcontractionen folgten, war das Thier mit Curare vergiftet oder frisch. Diese Contractionen zeigten entweder einen tetanischen Charakter oder sie waren mehr nur fibrillärer Natur.

Es ist klar, dass demnach die Milchsäure als ein Reiz bei diesen Versuchen wirkte; da die genannten Contractionen auch bei mit Curare vergifteten Thieren eintraten, so unterliegt es keinem Zweifel, dass wir es mit einem Muskelreize zu thun haben.

Die Milchsäure wirkt auf die Muskelsubstanz selbst, abgesehen von dem Einflusse der Nerven als Reiz ein.

Wir werden sehen, dass diese Erfahrung später von Wichtigkeit für die Auffassung der im Tetanus statthabenden Verhältnisse werden wird. —

Ein Zweites, worauf ich die Aufmerksamkeit noch lenken will, ist die Thatsache, dass die Milchsäure, ganz wie wir dies in der Fleischflüssigkeit schon gesehen haben, eine vollkommen verschiedene Wirkung auf die peripherischen Nerven als auf die Muskeln selbst ausübt.

Wir sahen, dass die Milchsäure die Lebenseigenschaften des Muskels, so lange sie mit dem Muskel in Berührung ist, herabsetzt resp. vernichtet, sie ermüdet ihn. Als Ausdruck dieser Ermüdung betrachten wir die beiden Umstände, dass der Muskel nach der Milchsäureeinspritzung wie bei normaler Ermüdung, seine Fähigkeit, Gewichte zu heben, einbüsst und einer stärkeren elektrischen Erregung bedarf, um eine Minimalzuckung zu machen, wir sagten, seine Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit sei vermindert.

Ganz anders verhält sich der Nerv.

Er wird durch die Anwesenheit der Milchsäure nicht in seiner Erregbarkeit herabgesetzt, sondern diese erfährt eine beträchtliche Steigerung, wie dies die Versuche an dem unvergifteten Frosch ergaben.

Muskelgewebe und peripherisches Nervengewebe verhalten sich demnach in ihrer Reaction gegen Milchsäure gerade umgekehrt. Bei dem ersteren zeigt sich in Folge der Anwesenheit des genannten Stoffes eine Herabsetzung, bei dem zweiten eine Erhöhung der Lebenseigenschaften.

Wir werden später auf dieses Wechselverhältniss noch eingehender zu sprechen kommen.

§ 3.

Das Kreatin in seinen Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Die Versuchsvorrichtungen bei diesen Versuchen blieb den bisher angeführten gleich; das Gewicht am Muskelzeiger betrug aber in diesen und den folgenden Beobachtungen nicht mehr 30 Gramm sondern nur 10 Gramm, um die Ausschläge des Zeigers etwas grösser werden zu lassen. —

Man könnte auf den Gedanken kommen, dass das Kreatin, welches ein ziemlich indifferenter Körper ist, sich aber — wenn man sein Uebergehen in das basische Kreatinin in's Auge fasst — eher den basischen Körpern als den Säuern anschliesst, vielleicht auf den Muskel eine wiederherstellende Wirkung analog wie kohlensaures Natron zeigen könnte.

Es wäre von vorn herein nicht undenkbar, dass ein und derselbe Vorgang im Muskel die Erzeugung vernichtender und erhaltender Momente in Beziehung auf seine Lebenseigenschaften besorgte. Dem ist in diesem Falle nicht so.

Kreatin, obwohl von so verschiedenen chemischen Eigenschaften, hat die gleiche ermüdende Wirkung wie **Milchsäure**.

Einige Beispiele von Untersuchungen der Muskelleistungsfähigkeit und Erregbarkeit vor und nach der Kreatin-Einspritzung in den Froschmuskel, werden genügen, die hier obwaltenden Verhältnisse anschaulich zu machen.

Versuch Nr. I.

Kreatin-Kraftversuch.

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
10 hor.	40	Das Thier mit Curare vergiftet, das Herz blosgelegt, die Spritze eingebunden, das Blut durch Einspritzen von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung entfernt, das Herz schlägt regelmässig	45°
		Es werden langsam in zwei Pausen 30 CC. einer 0,5 % Kreatinlösung in der oben angewendeten Kochsalzflüssigkeit eingespritzt	5°
10 hor. 7 M.	,,	Das Herz schlägt, nachdem die ersten Tropfen des eingespritzten Kreatins die innere Herzwand berührten, nicht mehr,	

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
		es steht still und wird durch die Einspritzung wie eine Blase passiv ausgedehnt. Es treten — obwohl die Nerven durch das Curare gelähmt sind — nach der Einspritzung des Kreatins tetanische Contractionen, dann Muskelwühlen ein. Der Tetanus hält den Zeiger auf 10°. Die elektrische Prüfung wurde nach der Beruhigung dieser Krämpfe angestellt.	
10 hor. 17 M.	40	Es werden wieder langsam in Pausen 75 CC. Salzlösung eingespritzt . . .	50°
11 hor. 47 M.		Das Herz fängt, nachdem einige CC. Salzwasser durchgewaschen wurden, seine Bewegungen in normaler Weise wieder an. Die ersten Bewegungen sind schwach und langsam. Nach 1½ Stunden schlägt es noch fort.	

Der ebenbeschriebene Versuch wurde zur Demonstration in der Vorlesung angestellt und war vollkommen brauchbar zu einem Collegversuch.

Versuch Nr. II.

Kreatin-Kraftversuch.

Zeit in Minuten.	Stellung der Rollen. MM.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1.	40	Das Thier mit Curare vergiftet, die Spritze eingebunden	45°
2.	,,	—	50°
4.	,,	Das Blut durch 0,7 % Kochsalzlösung verdrängt, das Herz schlägt regelmässig. Die Muskeln sind spontan ruhig	45°
5.	,,	—	47°
6.	,,	—	48°
7.	,,	Einspritzung von Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit in zwei Malen je 75 CC. .	35°
		Das Herz steht still, wie im ersten Versuch. Es treten nach dem Einspritzen des Kreatins Muskelkrämpfe, fibrilläre Zuckungen ein. Die elektrische Prüfung wurde erst nach Beruhigung dieser Krämpfe angestellt.	
9.	,,	—	29°
10.	,,	—	24°
11.	,,	—	16°
12.	,,	—	11°!
13.	,,	Es wurde der Frosch durch Einspritzung von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung ausgewaschen .	15°
		Das Herz schlägt schwach wieder.	
14.	,,	Zweite Waschung mit 75 CC. Kochsalzlösung	21°
		Das Herz schlägt lebhafter.	
15.	,,	Das Herz schlägt rasch und regelmässig . .	28°
45.	,,	Das Herz pulsirt	30°

Versuch Nr. III.
Kreatin-Kraftversuch.

Zeit in Minuten.	Abstand der Rollen. MM.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1.	40	Der Frosch mit Curare vergiftet . .	40°
5.	,,	Die Spritze eingebunden, 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen . . .	40°
7.	,,	75 CC. einer 0,2 % Kreatinlösung auf drei Male eingespritzt	10°
	-	Das Herz ist reactionslos, die Muskeln verfallen bei dem Einspritzen in Zuckungen.	
8.	,,	—	9°
9.	,,	75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen	25°
		Das Herz schlägt wieder.	
12.	,,	Weitere 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt	25°

Das Versuchsergebniss ist sehr deutlich:

Das **Kreatin** setzt die Fähigkeit des Muskels, Gewichte zu heben — seine Leistungsfähigkeit —, in analoger Weise herab wie Milchsäure, das **Kreatin** ermüdet den Muskel.

Die vorstehend mitgetheilten Versuche enthalten keinen, in dem die Leistungsfähigkeit des Muskels durch die Kreatineinspritzung = 0 geworden wäre. Später werden einige Kreatinermüdungsversuche ihre Stelle finden, bei denen dieser extreme Grad der Ermüdung erreicht wurde.

Es ist zu bemerken, dass das Kreatin ebenso wie die Milchsäure bei dem Einspritzen allgemeine Muskelcontractionen am Curarefrosch hervorrief. Es ist demnach auch das **Kreatin** ein Muskelreiz wie die Milchsäure.

Es wurden auch Versuche angestellt, in denen bei demselben Thiere Kreatin und Milchsäure abwechselnd eingespritzt wurden, um den Erfolg ihrer combinirten Wirkung zu studiren.

Ein derartiges Beispiel wird genügen, die beobachteten Verhältnisse zu zeigen.

Versuch Nr. IV.

Kreatin-Milchsäure-Kraftversuch.

Zeit.	Abstand der Rollen in MM.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
	40	Das Thier mit Curare vergiftet, bluthaltig .	45°
10 hor.	,,	Nach dem Durchwaschen von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung	44°
5′	,,	25 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt . . . . . Das Herz schlägt noch schwach, fibrilläre Muskelzuckungen.	40°
6′	,,	—	39°
10′	,,	—	42°
13′	,,	Neue Kreatineinspritzung von 25 CC. derselben Lösung . . . . Das Herz steht still und reagirt nicht mehr auf directe Reize, Streckkrämpfe in den Muskeln, nachher Muskelwühlen.	20°
14′	,,	—	18°
15′	,,	—	14°
18′	,,	—	13°!
19′	,,	Es wurden nun 25 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit 7 Tröpfchen Milchsäure versetzt langsam eingespritzt	10°
22′	,,	— Das Herz ist reactionslos.	8°!
23′	,,	75 CC. Kochsalzlösung von 0,7 % durchgewaschen . . . . Das Herz bleibt ohne Reaction.	11°
24′	,,	—	13°
27′	,,	Weitere 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt Das Herz bleibt todt.	14°
28′	,,	—	15°
37′	,,	—	16°

Der Versuch zeigt deutlich:

Zwischen **Kreatin** und **Milchsäure** besteht kein analoger Antagonismus wie zwischen **Milchsäure** und **kohlensaurem Natron.**

Kreatin mit **Milchsäure** ermüden noch mehr als **Kreatin** allein.

Nach der ersten Einspritzung von Kreatin zeigte sich in diesem Versuche eine spontane Erholung des Muskels in Bezug auf seine Fähigkeit, Gewichte zu heben.

Diese Erholung kann so weit gehen, dass beinahe wieder die anfängliche Leistungsfähigkeit des Muskels zu Tage tritt. Dabei sah ich aber niemals eine spontane Erholung des Herzens, das unter allen Umständen reactionslos blieb, wenn es seine normale Thätigkeit einmal eingestellt hatte.

Es geht daraus hervor:

Auch für Kreatin existiren im normalen Organismus abgesehen von der Blutcirculation Bedingungen, welche seine Wirksamkeit auf den Muskel aufzuheben im Stande sind.

Man hat hier vor Allem an die Diffusion aus dem Muskel in die noch vorhandene Lymphe zu denken, aber es scheint mir, dass auch noch vielleicht ein anderes Moment — siehe § 4 — in Wirksamkeit tritt.

Im Folgenden theile ich ein Beispiel dieser spontanen Erholung am Curare-Frosch mit.

Versuch Nr. V.

Kreatin-Kraftversuch mit spontaner Erholung.

Zeit in Minuten.	Abstand der Rollen in MM.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1.	40	Der Frosch durch Curare vergiftet, bluthaltig	50°
5.	,,	75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen	49°
6.	,,	75 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt	27°
		Das Herz stellt nach einigen peristaltischen Bewegungen seine Thätigkeit ein. Die Muskeln zuckten bei dem Einspritzen.	
8.	,,	—	**23°!**
11.	,,	—	23°
17.	,,	—	23°
25.	,,	—	30°
34.	,,	—	31°
40.	,,	—	**34!**
51.	,,	—	32°
66.	,,	Herz noch immer reactionslos	30°
71.	,,	Es wurden nun 75 CC. der obigen Kochsalzlösung langsam durchgewaschen	34°
		Das Herz schlägt nun wieder, aber noch schwach.	

Die hier mitgetheilten Versuche mögen genügen, um die durch Kreatin im Muskel gesetzten Veränderungen in Beziehung auf seine Leistungsfähigkeit zu demonstriren.

Es bleibt uns noch die Aufgabe, zu entscheiden ob das Kreatin auch darin der Milchsäure und dem Gesammt-Fleischextract analog wirke, dass seine Anwesenheit neben der Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Muskels eine Erhöhung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven zur Folge habe.

Auch hier sollen beispielsweise einige Versuche mitgetheilt werden aus einer grossen Anzahl anologer herausgegriffen. —

Versuch Nr. VI.
Kreatin-Erregbarkeitsversuch.

Zeit.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM.
	Frischer Frosch, auf das Versuchsbret aufgebunden	155
	Nach dem Bloslegen des Herzens, dem Einbinden der Spritze und dem Blutaustritt 75 CC.	160
	Salzlösung durchgespritzt	161
	Einspritzung von 0,2 % Kreatinlösung in 4 Pausen	167
3′	Das Herz steht still. In den willkürlichen Muskeln treten wühlende Allgemeinkrämpfe auf	180 200 210
5′	Spontane Erholung nach der Einspritzung von Kreatin	190
7′	—	190
9′	Es treten von Zeit zu Zeit krampfhafte Spontanbewegungen ein	188
24′	—	175
35′	Das Herz schlägt wieder	173
50′	Das Herz ist wieder gelähmt und reagirt auch auf Reize nicht	170
12 hor.	Herz gelähmt	168
10′	—	
12′	Es werden 75 CC. Salzwasser eingespritzt, wodurch die Erregbarkeit noch weiter herabgesetzt wird. Das Herz schlägt rasch und stark	145
20′	Nach der Salzwassereinspritzung kehrt der anfängliche Grad der Erregbarkeit zurück . .	155

Versuch Nr. VII.
Drei Kreatin-Erregbarkeitsversuche.

Versuchs-Nummer.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM.
1.	Frischer Frosch, nach dem spontanen Austritt des Blutes bei dem Einbinden der Spritze .	172
	Nach spontanen kräftigen Bewegungen	**175 !**
	Nach dem Einspritzen von 75 CC. der stets gebrauchten Kochsalzlösung	170
	Einspritzung von Kreatinlösung 75 CC. 0,2 % in Kochsalzlösung	182
	Flimmernde Muskelkrämpfe, das Herz ist reactionslos.	
	Zwei Minuten später	**187 !**

Versuchs-Nummer.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM.
2.	Frischer Frosch nach dem Blutaustritt wie oben (keine Kochsalzwaschung)	210
	Kreatineinspritzung wie oben 75 CC. 0,2 %	245!
	Das Herz ist gelähmt. Starke flimmernde Muskelzuckungen, später, nachdem das Herz gelähmt ist, lassen sie nach und kommen auf neue Einspritzungen nicht wieder.	
	Nach dem Auswaschen des Frosches mit Salzwasser, wonach das Herz wieder schlägt, treten auch auf Kreatineinspritzung wieder Krämpfe auf.	
3.	Frischer Frosch nach dem Blutaustritt wie bei 1 (keine Kochsalzwaschung)	160
	75 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt	200!
	Das Herz ist gelähmt. Es treten sogleich starke Allgemeinkrämpfe auf, die nach einiger Zeit, wenn das Herz still steht, nachlassen.	

Die mitgetheilten wie alle angestellten Versuche über die Einwirkung des Kreatins auf die Nervenerregbarkeit ergeben:

Das Kreatin erhöht die Erregbarkeit der peripherischen Nerven ganz in der gleichen Weise wie Milchsäure.

(Weitere Versuche mit Kreatin siehe im folgenden Capitel Nr. XVI. § 3. bei den Harnstoffversuchen.)

Wir haben somit das Kreatin in allen Beziehungen in seiner Wirkung der Milchsäure und dem Gesammtextract des Muskels gleich gefunden.

Das Kreatin setzt die Lebenseigenschaften des Muskels herab und erhöht die der peripherischen Nerven.

Dabei ist das **Kreatin** ebenso wie die **Milchsäure** ein Muskelreiz, die Muskeln kommen bei dem Einspritzen desselben in Zuckungen.

Der Versuch Nr. 6 kann zugleich als Beispiel dienen, dass eine spontane Ausgleichung der Kreatinwirkung nicht nur in Beziehung auf den Muskel sondern auch auf den peripherischen Nerven auch noch nach Sistirung des Blutkreislaufes stattfinden könne. Wir sehen die in Folge der Kreatineinspritzung gesteigerte Erregbarkeit wieder spontan absinken und sich dem normalen Erregbarkeitsgrade annähern.

Nummer 1 des Versuchs Nr. 7. gibt uns ein Beispiel davon, dass auch willkürliche Muskelbewegungen die Erregbarkeit der Nerven momentan erhöhen, dass die Ermüdung des Muskels auch normal mit einer Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven verbunden sei, was übrigens schon allgemein bekannt ist. Jeder hat wohl an sich selbst nach übermässigen Muskelanstrengungen diesen Zustand erhöhter Erregbarkeit der Nerven mit verminderter Leistungsfähigkeit der Muskeln kennen lernen.

Am Frosche lässt sich dieser Zustand nach jeder einzelnen Muskelzuckung stets nachweisen.

§ 4.

Die physiologischen Wirkungen des Kreatinin's.

Wir kommen zur Betrachtung der Wirkungen eines dritten Stoffes auf das Muskelgewebe und das mit demselben verbundene peripherische Nervengewebe: zum Kreatinin.

Die schon mehrmals genannten Untersuchungen von Sarokow haben nachgewiesen, dass neben der Vermehrung des Kreatin's im tetanisirten Muskel auch eine Umwandlung von **Kreatin in Kreatinin** im Muskel während des Tetanus stattfinde.

Das Kreatinin zeigt starke basische Eigenschaften, während das Kreatin in dieser Beziehung ziemlich indifferent ist. Man könnte mit einigem Rechte vermuthen, dass der erstgenannte Stoff seiner stärkeren Affinitätsbeziehungen wegen eine vielleicht noch stärkere Wirkung auf das Muskelgewebe ausübe als das Kreatin. Dem ist jedoch sicher nicht so. Folgende Versuchsbeispiele werden die beobachteten Verhältnisse klar zu machen im Stande sein.

Leider war ich wegen Mangels an Material bisher verhindert, eine grössere Anzahl von Versuchen mit Kreatinin anzustellen; doch scheint mir aus den wenigen gemachten Beobachtungen schon ein sicherer Schluss auf die Wirkungsweise dieses Stoffes sich ableiten zu lassen.

Es ist um so mehr wünschenswerth, dass die vorliegenden Versuche noch fortgesetzt werden, als sich, wie wir sogleich sehen werden, wichtige Fragen, die bisher noch nicht haben entschieden werden können, an den genannten chemischen Stoff anschliessen. Vielleicht werde ich später noch im Stande sein in einer neuen Untersuchung auf

das Kreatinin und seine Wirkungsweise zurückzukommen. Solange müssen wir einige Fragen, deren experimentelle Entscheidung ziemlich leicht und sicher gelingen müsste, die sich an diesen Stoff knüpfen, noch unentschieden lassen. —

Der Versuchsmodus ergibt sich aus den mitgetheilten Versuchen selbst.

Versuch Nr. I.
Kreatinin-Versuch am frischen Frosch.

Zeit.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer Frosch. Das Herz schlägt frisch 46, nach dem Salzwasserwaschen 42mal in der Minute	160	35°
3′	Erste Einspritzung von Kreatininlösung — 0,2 % 75 CC. — Das Herz scheint anfänglich etwas rascher zu pulsiren, nach der Einspritzung hat es nur noch 16 Pulsationen in der Minute, keine Krämpfe .	155	30°
4′	„ „	160	30°
7′	Herz steht still, ist aber auf directen	160	27°
8′	Reiz noch erregbar	155	30°
13′	„ „	157	30°
28′	„ „	160	30°
30′	Zweite Einspritzung von Kreatininlösung (75 CC.), das Herz schlägt wieder einige Male	150	30°
36′	„ „	—	31°
38′	„ „	160	28°
	Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, das Herz bleibt regungslos, contrahirt sich aber auf Reize .	160	28°

Versuch Nr. II.
Kreatinin-Versuch am Curarefrosch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
	Curare-Frosch	40°
4′	Einspritzung von Kreatininlösung, zweimal 75 CC. von 0,2 %	39°
	„ „ „	38°
	„ „ „	35°
10′	„ „ „	33°
	Das Herz schlägt nicht mehr spontan, zieht sich aber auf directe Reize noch zusammen, es steht still, sehr ausgedehnt; schon der Reiz der Kreatinin-Einspritzung löst stets einige Zuckungen am Herzen aus (im Gegensatz	

Zeit in Minuten.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
	zum Kreatin). Die übrigen Muskeln contrahiren sich unter dem Einspritzen nicht, sie sind vollkommen krampffrei.	
130′	Das Herz reagirt nicht mehr auf Reize	31°
135′	75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, das Herz reagirt wieder auf directe Reize	32°

Die beiden mitgetheilten Versuche lehren:

Das **Kreatinin** scheint keine ermüdende Wirkung zu besitzen: die Erregbarkeit der Nerven wird durch eine **Kreatinin**-Einspritzung nicht erhöht, die Fähigkeit des Muskels, Gewichte zu heben, nimmt zwar etwas ab unter dem Einflusse des **Kreatinin's**, ebenso geht die Pulsation des Herzens verloren, doch ohne wie bei den rein ermüdenden Flüssigkeiten durch Auswaschen mit einer für Muskel und Nerven indifferenten Flüssigkeit — 0,7 % Kochsalzlösung — wieder hergestellt werden zu können. Das **Kreatinin** scheint nicht zu ermüden, sondern die Leistungsfähigkeit der quergestreiften Musculatur — mit der des Herzens — langsam zu vernichten analog dem kohlensauren Natron.

Das Kreatinin scheint die Eigenschaft des ihm so nahe verwandten chemisch weit weniger differenten Stoffes, des Kreatin, ein Muskelreiz zu sein, demnach nicht zu theilen; jedenfalls ist seine Wirkung eine weit schwächere, als die des letztgenannten Stoffes. —

Es fällt auf, dass sich das Kreatinin in seinen physiologischen Wirkungen denen des kohlensauren Natron's, die in § 2. dieses Capitels dargelegt wurden, sehr eng anzuschliessen scheint.

Auch dort sahen wir die langsame Vernichtung der Lebenseigenschaften des Muskels in Folge der Gegenwart des genannten Stoffes.

Wir haben dort jedoch in dem kohlensaueren Natron einen Stoff gefunden, der unter Umständen, nämlich bei seiner gleichzeitigen Einwirkung auf den Muskel mit Milchsäure, die Wirkungen des letztgenannten Stoffes für den Muskel aufzuheben im Stande ist und zwar durch Neutralisation des durch die Anwesenheit der Milchsäure sauer gewordenen Muskelsaftes.

Wir haben schon einmal den Gedanken ausgesprochen, dass unter den im Muskel bei seiner Oxydation während des Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducten einer oder der andere Stoff sich finden könne, welchem eine ähnliche Rolle in dem Haushalte des Muskels anvertraut wäre. Es ist schwer sich dieses Gedankens bei Betrachtung der Wirkungen des Kreatinin's zu erwehren, die in den anderen Beziehungen eine unverkennbare Analogie mit denen des kohlensauren Natron's zeigen.

So würde das Entstehen des Kreatin's schon von dieser Seite betrachtet eine bisher nicht erkannte physiologische Bedeutung erhalten.

Andererseits ist nicht zu verkennen, dass schon der Vorgang an sich, bei welchem innerhalb des Muskels im Tetanus aus Kreatin Kreatinin entsteht in Beziehung auf die Erhaltung der Lebenseigenschaften des Muskels trotz der Contraction von bestimmter Bedeutung sein muss.

Indem ein Theil der ermüdenden Stoffe — Kreatin — in einen für den Muskel und Nerven ziemlich indifferenten chemischen Körper — Kreatinin — übergeht, wird selbstverständlich die Energie der Hemmungsvorrichtung, die in directer Beziehung zur Menge der angehäuften ermüdenden Stoffe steht, vermindert.

Wir treffen demnach in der Bildung des Kreatinin's aus Kreatin während des Tetanus auf ein Moment, welches die Erhaltung der Lebenseigenschaften des Muskels intendirt. So begreifen wir, dass sich auch innerhalb des den Circulationseinflüssen von Blut und Lymphe gänzlich entzogenen Muskels noch immer erhaltende Momente für die Muskelleistungen geltend machen können.

Man könnte bei der Bildung des Kreatinin's aus Kreatin im tetanisirten Muskel, wenn man sich erinnert, dass diese Umbildung unter der Einwirkung schwacher chemischer Agentien ausserhalb des Organismus so leicht von sich geht, an eine Wirkung der bei demselben Vorgang sich anhäufenden Milchsäure denken.

Man könnte so vielleicht erweisen, dass dieselben Bedingungen, welche auf der einen Seite vernichtend wirken, durch eine Nebenwirkung wieder zur Erhaltung der physiologischen Eigenschaften des lebenden Muskels beitragen, sodass wir damit einen neuen Blick in die sicher ziemlich complicirten Vorgänge der Arbeitstheilung der Muskelstoffe würden thun können.

Anhang zu § 4.

Nachdem vorstehender § schon für den Druck vollendet war, war ich noch in der Lage einen Versuch mit Kreatinin anzustellen, der die im Vorstehenden aufgestellten Ansichten, wie es mir scheint, in ganzer Ausdehnung bestätigt.

Er wird ohne weitere Vorbesprechung verständlich sein.

Versuch Nr. III.

Einwirkung des Kreatinin's auf den geruhten Frosch und Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Muskels durch Kreatinin nach Milchsäure-Ermüdung.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frosch frisch nach dem Austritt des Blutes und Einbinden der Canüle in das Herz.	163	40°
7′	Es wurden langsam 75 CC. Kreatininlösung — 0,2 % Kreatinin in 0,7 % Kochsalzlösung — eingespritzt	162	39°
	Keine Muskelkrämpfe.		
	Der Herzschlag ist anfangs sehr stark, später wird er etwas matter. Die Reflexe scheinbar ungeschwächt, sogar Spontanbewegungen.		
12′	Alles wie bisher, Spontanbewegungen .	160	38°
14′	Es wurden nun 15 CC. verdünnter Milchsäure eingespritzt (15 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit 2 gtt. Milchsäure)	164	**10°!**
	Herz steht sehr ausgedehnt still und reagirt nicht mehr auf Reize. Reflexe schwach aber deutlich vorhanden. Es war anfänglich Tetanus, aber schwach eingetreten.		
16′	Es wurden nun 50 CC. der oben verwendeten Kreatininlösung eingespritzt . .	?	**19°!**
18′	Weitere 25 CC. derselben Lösung . . .	145	17°
	Das nach Milchsäure-Einspritzung sehr ausgedehnte Herz ist nun stark zusammengezogen — systolisch —, es reagirt aber weder auf mechanische noch elektrische Reize mit Contractionen.		

Der Versuch zeigt die Wirkungslosigkeit der Kreatinin-Injection in einer Concentration, in welcher wir die Kreatin-Wirkungen stets studirten, auf den frischen Frosch. Das Kreatinin war vollkommen rein, sodass keine Wirkungen von etwa beigemischtem Kreatin sichtbar werden konnten, wovor man sich sehr zu hüten hat; natürlich ebenso im umgekehrten Falle.

Die auf die erste Kreatinin-Einspritzung folgende Milchsäure-Injection hatte den uns schon bekannten Erfolg: Erhöhung der Nerven-Erregbarkeit und Verminderung der Muskelkraft.

Die auf diese Milchsäure-Injection folgende zweite Einspritzung von Kreatininlösung hob wenigstens theilweise die Milchsäurewirkungen auf, sie steigerte die durch Milchsäure geschwächte Muskelkraft und setzte die Nervenerregbarkeit wieder herab.

Wir haben somit die gleichen Verhältnisse vor uns, wie wir sie bei der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den durch Milchsäure ermüdeten Muskel beobachteten.

Unsere im Obigen aufgestellten Meinungen über die antagonistische Wirkung des Kreatinin's und der Milchsäure sind somit vollkommen bestätigt.

§ 5.

Der Zucker hat auf den Muskel keine physiologische Wirkung.

Schon die Ueberschrift dieses §. giebt uns die Möglichkeit, uns in unseren Mittheilungen über die Untersuchung der etwaigen Wirkungen einer verdünnten Zuckerlösung auf die Erregbarkeit und Kraft des Muskels kurz zu fassen.

Nur einige Beispiele theile ich zur näheren Beurtheilung der beobachteten Verhältnisse mit.

Es wurden Versuche mit Traubenzucker, Milchzucker und Rohrzucker alle mit gleichem negativen Erfolge angestellt.

Versuch Nr. I.

Traubenzucker-Versuch am frischen Frosch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer Frosch, nach Einbinden der Canüle in's Herz	135	42°
3′	Nach dem Einspritzen von 15 CC. Traubenzuckerlösung von 2 % in der 0,7 % Kochsalzlösung. Das Herz schlägt ruhig und ungestört fort, das Thier athmet und macht lebhafte Spontanbewegungen, die Reflexe bestehen ohne Verminderung, keine Muskelkrämpfe	135	42°

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand.
7′	Weitere 15 CC. Zuckerlösung eingespritzt, Alles wie oben	135	42°
9′	,, ,,	145	40°
11′	Weitere 15 CC. Zuckerlösung eingespritzt, Alles wie oben. Sehr kräftige Spontanbewegungen und Reflexe	145	35°
31′	Spontanbewegungen, Herz schlägt normal, Athmung und Reflexe vorhanden . .	145	34°

Versuch Nr. II.
Milchzucker-Versuch.

Zeit in Minuten.	Abstand der Rollen in MM.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers.
1′	40	Frisches, bluthaltiges Thier	40°
4′	,,	Nach Einbinden der Spritze und starken Spontanbewegungen	32°
5′	,,	Es wurden 75 CC. einer 2 % Milchzuckerlösung in Wasser eingespritzt	40°
6′	,,	Reflexe, Athmung, Herzschlag, spontane Bewegungen sind ungemindert vorhanden . . .	32°
8′	,,	Es wurden weitere 75 CC. Milchzuckerlösung eingespritzt; Alles wie vorher	44°
		Der Frosch hüpft noch nach dem Losbinden .	

Versuch Nr. III.
Rohrzucker-Versuch.

Zeit in Minuten.	Abstand der Rollen in MM.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers.
1′	40	Der frische Frosch nach dem Einbinden der Spritze	32°
2′	,,	Es wurden 75 CC. einer 2% Rohrzuckerlösung eingespritzt	45°
		Athmung, Herzschlag, Reflexe nach der Einspritzung unvermindert vorhanden.	
5′	,,	Weitere 75 CC. Rohrzuckerlösung eingespritzt	40°
		Sonst Alles wie oben.	
7′	,,	,, ,,	40°

Die Versuche lehren, dass die drei Zuckerarten: Traubenzucker, Milchzucker und Rohrzucker auch noch in ziemlich starken Concentrationen — 2 % — für den Muskel und den ganzen Organismus vollkommen indifferent sind.

Der Zueker kann sogar in manehen Fällen noeh besser wie 0,7 % Koehsalzlösung als wiederherstellende Flüssigkeit benutzt werden.

Wir könnten nur dann eine Beziehung des Zuckers zur Ermüdung des Muskels annehmen, wenn wir daran denken, dass vielleicht der Zueker innerhalb des Muskels in Milehsäure übergehen könnte, deren starke ermüdende Eigenschaften uns bekannt sind. Seine Wirkung wäre dann eine indireete.

§ 6.

Die physiologischen Wirkungen der Kohlensäure.

Aueh die Prüfung der physiologisehen Wirkungen der Kohlensäure wurde auf dieselbe Weise naeh der von uns bisher eingehaltenen Methode der Einspritzung in den Gesammtorganismus vorgenommen.

Es wurde zu diesem Zweeke zu Wasser, das mit Kohlensäure beladen war, vor dem Gebrauehe eine Koehsalzlösung zugegossen, die die Gesammteoneentration der Flüssigkeit auf 0,7 % braehte.

Alle sonstigen Versuchsbedingungen ergeben sieh aus den im Folgenden mitgetheilten Beispielen für die Wirkungsweise der Kohlensäure auf den Organismus.

Versueh Nr. I.

Kohlensäure-Versuch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer Frosch, unvergiftet, bluthaltig .	190	20°
3′	Nach der Einspritzung von 75 CC. kohlensauren Wassers von 0,7 % Salzgehalt .	110	15°
	Das Herz schlägt langsam und schwach.		
8′	Der Frosch athmet nicht mehr; die Reflexe sind ganz verschwunden	125	10°
13′	,, ,,	130	8°!
14′	Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, die Muskeln imbibiren sich enorm	130	0°
	Das Rückenmark ist unerregbar, der Frosch zuckt nicht bei seiner Durchschneidung; die Nerven machen auf Durchschneidung noch schwache Zuckungen der zugehörigen Muskeln.		

Versuch Nr. II.

Kohlensäureversuch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer, unvergifteter Frosch nach dem Verbluten, Einbinden der Spritze . . .	165	15°
3′	Nach der Kohlensäure-Einspritzung von 75 CC.	120	10°
	Das Herz pulsirt schwach und langsam. Die Reflexe sind verschwunden.		
7′	Neue Kohlensäure-Einspritzung von 35 CC.	110	7°!
	Das Herz pulsirt nicht mehr! Bei dem Abschneiden des Kopfes treten keine Zukkungen ein, ebensowenig auf Bohren des Rückenmarkes mit einer Nadel. Die Nerven geben auf Durchschneidung noch Zukkungen der zugehörigen Muskeln, aber schwach.		

Versuch Nr. III.

Kohlensäureversuch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer, unvergifteter Frosch, nach dem Ausbluten und dem Einbinden der Spritze.	170	30°
4′	Nach der Kohlensäure-Einspritzung von 75 CC.	135	27°
	Die Reflexe und Spontanbewegungen verschwinden, nachdem die ersten CC. der Kohlensäure-Kochsalzlösung eingespritzt wurden.		
	Das Herz pulsirt schwach und in Pausen.		
8′	Neue Kohlensäure-Einspritzung von 35 CC.	125	27°!
	Alles wie oben.		
	Bei dem Abschneiden des Kopfes keine Zuckung; sehr schwache Zuckung (keine Streckkrämpfe!) bei Bohren des Rückenmarkes mit einer Nadel. Die Nerven geben auf Durchschneiden noch Zuckungen der zugehörigen Muskeln.		

Versuch Nr. IV.
Kohlensäureversuch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer, bluthaltiger, unvergifteter Frosch	155	35°
7′	Es wurden nach dem Einbinden der Spritze 75 CC. kohlensaures Kochsalzwasser eingespritzt	120	30°
	Reflexe und Spontanbewegungen nach den ersten eingespritzten CC. weg.		
9′	Neue Kohlensäure - Einspritzung von 35 CC.	115	**30°!**
	Das Herz hat nun aufgehört zu pulsiren.		
	Das Durchschneiden des Rückenmarkes gibt keine Zuckung; Bohren desselben mit einer Nadel erregt ganz minimale Bewegungen der Muskeln. Die Nerven bringen dagegen auf directen Reiz noch starke Bewegungen der dazu gehörigen Muskeln zu Wege.		

Die angeführten Versuchsbeispiele aus einer grösseren Anzahl ganz analoger herausgegriffen, genügen, uns ein Bild von der Wirkungsweise der Kohlensäure zu geben.

Was zuerst in die Augen springt, ist die ziemlich geringe Wirkung der Kohlensäure auf Leistungsfähigkeit der Stammmuskeln. Dieselbe wurde in keinem Falle unter allen angestellten Versuchen ganz vernichtet. Dabei ist jedoch eine schwache Einwirkung auf die Leistungsfähigkeit nicht zu verkennen, stets wurde sie etwas herabgesetzt, doch ist unter Umständen diese Herabsetzung eine äusserst geringfügige Erscheinung, wie dies Versuch Nr. III und IV erkennen lassen.

Das Herz, das bisher bei den vorstehenden Beobachtungen über den Einfluss der ermüdenden Stoffe sich ganz wie die Stammmusculatur verhielt, oder beinahe noch eine lebhaftere Reaction, doch in demselben Sinne wie die Stammmusculatur erkennen liess, zeigt auch hier dasselbe Verhalten.

Das Herz zeigt eine Beeinträchtigung seines Pulsationsvermögens, die sich unter Umständen bis zum vollkommenen Verschwinden desselben steigern kann.

Das Resultat der Prüfung der physiologischen Einwirkung der Kohlensäure auf den Muskel muss danach folgendermaassen formulirt werden:

Die Anwesenheit der **Kohlensäure** im Muskel setzt dessen Lebenseigenschaften etwas aber wenig herab; der Muskel besitzt gegen **Kohlensäure** im Verhältnisse zu den beiden ermüdenden Stoffen — **Milchsäure** und **Kreatin** — ein starkes Widerstandsvermögen. Die Kohlensäure kann darnach nicht mit unter die eigentlichen ermüdenden Stoffe gezählt werden. —

Auch auf die peripherischen Nerven ist die Wirkung der Kohlensäure eine geringe.

Auch bei den peripherischen Nerven sehen wir zwar einen constanten Einfluss der Kohlensäure, aber dieser ist grundverschieden von dem der ermüdenden Stoffe.

Anstatt dass wir dort Hand in Hand mit einer Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Muskels eine Erhöhung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven fanden, zeigt sich hier im Anschluss an die Herabsetzung der Lebenseigenschaften des Muskels auch eine Herabsetzung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven, doch wird diese unter keinen Umständen ganz vernichtet. Auch sie zeigen demnach eine gewisse Immunität gegen die Anwesenheit der Kohlensäure.

Danach verliert ihre Wirkung völlig die Aehnlichkeit mit der der eigentlich ermüdenden Stoffe:

Die **Kohlensäure** setzt die Lebenseigenschaften der peripherischen Nerven in geringem Grade herab und unterscheidet sich danach wesentlich von den ermüdenden Stoffen, die eine Erhöhung der Erregbarkeit des peripherischen Nervensystemes durch ihre Anwesenheit bedingen.

So schwach die Einwirkung der Kohlensäure auf die Muskeln und das peripherische Nervensystem unter Umständen sein kann, so stark und in die Augen fallend ist die Einwirkung derselben stets auf die nervösen Centralorgane.

Wir sehen in Folge der Anwesenheit der Kohlensäure eine rasche Vernichtung resp. Herabsetzung der Lebenseigenschaften des Gehirnes und Rückenmarkes eintreten.

Es wird uns daraus klar, dass die im Muskel producirte Kohlensäure ihre Hauptwirkung nicht schon an dem Orte ihres Entstehens,

wie die bisher wirksam gefundenen Stoffe, sondern erst nachdem sie von dem Muskel aus in die Blutmasse übergegangen ist, entfaltet.

Es ist dies der erste Beweis dafür, dass die im Organismus producirten Zersetzungsproducte ganz abgesehen von dem Ort ihrer Entstehung von Einwirkung auf einzelne, bestimmte Organe werden können. Es erweitert dies unseren anfänglichen Gesichtspunct, der der vorliegenden Untersuchung dieses Capitels zu Grunde liegt, bedeutend, worauf wir im folgenden Capitel noch weiter werden zu sprechen kommen müssen.

Der Lähmung, in die wir nach stärkerer und längerer Einwirkung der Kohlensäure Gehirn und Rückenmark verfallen sehen, scheint anfänglich ein Reizzustand vorauszugehen. Man darf vermuthen, dass das Verschwinden der Reflexe nach den ersten Anfängen der Kohlensäure-Einwirkung auf einer Reizung des Reflex-Hemmungscentrums beruhe durch die Kohlensäure. Rasch aber scheint sich aus diesem Reizzustand eine vollständige Lähmung auch der peripherischen Reflexmechanismen zu entwickeln.

Diese vollständige Lähmung der Reflexmechanismen tritt zu einer Zeit ein, in welcher die Leitung durch das Rückenmark noch nicht vollkommen unterbrochen ist, zu einer Zeit, in welcher das Rückenmark auf directe Reize noch mit Muskelkrämpfen antwortet.

Doch wird auch das Leitungsvermögen nach einiger Zeit, bei stärkerer Einwirkung der Kohlensäure im Rückenmarke vernichtet und es beweist dies, dass das Leitungsvermögen des Rückenmarkes unter etwas anderen Einflüssen steht, dass es etwas anders auf Kohlensäure reagirt als die peripherischen Nerven, bei denen wir, wenn das Leitungsvermögen im Rückenmarke schon erloschen ist, dasselbe noch vorfinden.

Dass das Organ des Bewusstseins im Gehirn unter dem Einflusse der Kohlensäure gelähmt werde; ebenso dass der schliessliche Effect auf das Centralorgan der Auslösung der Athembewegungen eine Lähmung desselben ist, haben schon vielfältige Versuche vor den meinigen bewiesen. Meine Versuche hatten den gleichen Erfolg.

In Beziehung auf die nervösen Centralorgane ist der schliessliche Effect der **Kohlensäure**-Anhäufung im Organismus eine **Lähmung**. Die Lähmung ist eine absteigende: während die Centralorgane des Nervensystems schon

vollständig gelähmt sind, reagiren die Nervenstämme noch auf directe Reize. —

Wir haben damit die für die Untersuchung dieses Capitels uns gestellte Aufgabe vollendet und wenden uns zur Darstellung der dadurch gewonnenen Resultate.

An die einzelnen Sätze werde ich sogleich eine kurze Besprechung anschliessen, um den durch die vorstehenden Untersuchungen gemachten Fortschritt unserer Erkenntnisse deutlicher darzulegen. —

§ 7.

Resultate.

Wir haben die schon aus früheren unserer Versuche postulirte Hemmungseinrichtung der Oxydation des Muskelgewebes und damit der Leistungsfähigkeit des Muskels im Allgemeinen in Capitel XIV erkannt. Wir fanden, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels in ihrer Stärke abhängig sei von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser im Muskel selbst durch die Zersetzung des Muskelgewebes sich bildender Stoffe.

Je bedeutender die Quantität der angehäuften Zersetzungsproducte im Muskel ist, desto geringer ist seine Leistungsfähigkeit.

Wir hatten diesen Satz im Allgemeinen für die Gesammtheit aller in siedendem Wasser sich lösenden Zersetzungsproducte des Muskels erwiesen. Es war uns daraus die Aufgabe entsprungen, auch noch zu fragen: welche der im wässerigen Extracte des Muskels enthaltenen Stoffe es seien, die die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzten, den Muskel ermüdeten.

Wir fanden, dass der nach meiner Beobachtung im tetanisirten Muskel sich anhäufende Zucker von keinem ermüdenden Effect auf den Muskel sei. Ebensowenig zeigte der Zucker eine Einwirkung auf die Functionen des gesammten Organismus.

Der **Zucker** ist ein für den gesammten Organismus indifferenter Körper. Es versteht sich von selbst, dass ich hier von seiner Wirkung als Ernährungsmaterial des Organismus etc. ganz absehe, auch absehe von der Frage, ob der Zucker sich an der Kraftproduction des Muskels durch seine Oxydation betheilige oder nicht.

In indirecter Beziehung könnte der Zucker von Wirksamkeit dadurch werden, dass aus ihm *Milchsäure* entstünde, deren Wirksamkeit weiter unten besprochen werden soll.

Anschliessend an die Wirkung des Zuckers ist die des *Kreatinins* und der *Kohlensäure*.

Beide Stoffe sind von ziemlich geringer Wirkung auf das Muskelgewebe und das mit demselben verbundene peripherische Nervensystem.

Beide setzen die Lebenseigenschaften des Muskels und der peripherischen Nerven etwas herab, doch nur in sehr geringfügiger Weise.

Von dem Kreatinin ist es wahrscheinlich, dass es anstatt ermüdend, die Leistungsfähigkeit des Muskels vermindernd, erhaltend für dieselbe oder wiederherstellend dadurch wirke, dass es die im Muskel angehäufte Milchsäure neutralisirt.

Die Wirkung der Kohlensäure, die auf den Muskel so geringfügig ist und ebenso auf das peripherische Nervensystem, ist um so heftiger auf die gesammten nervösen Centralorgane im Rückenmark und Gehirn. Der schliessliche Effect der gesteigerten Kohlensäuremenge im Organismus ist eine Lähmung der nervösen Centralorgane.

Es zeigt uns diese Beobachtung, dass die im Organismus an irgend einem Orte — z. B. im Muskel — entstehenden Stoffe ihre Wirksamkeit an einem ganz anderen erst zu entfalten im Stande sein können.

Es veranlasst uns diese Bemerkung, unserer vorliegenden Untersuchung auch noch andere Zersetzungsproducte anzureihen, die nicht direct im Muskel entstanden zu sein brauchen, sondern ihre Entstehung an irgend einer Stelle des Organismus gefunden haben, von der sie in das Blut zu gelangen vermögen.

Dieser Aufgabe wird das folgende Capitel gewidmet werden.

Ganz anders als für die bisher beobachteten und besprochenen Stoffe gestalten sich die Resultate unserer Untersuchung für *Milchsäure* und *Kreatin*.

Beide Stoffe besitzen jeder für sich die ermüdenden Eigenschaften, die wir an der Fleischbrühe wahrgenommen haben, auf der Anwesenheit dieser Stoffe in der Fleischbrühe beruht demnach die durch das Experiment nachgewiesene ermüdende Eigenschaft dieser Flüssigkeit.

Beide Stoffe werden bei dem Tetanus des Muskels in diesem angehäuft. Es ist keine Frage, dass demnach auch die normale Ermüdung

des Muskels in Folge seiner Contractionen ihre Ursache in der Anhäufung dieser beiden genannten Stoffe habe.

Milchsäure und **Kreatin** sind für den Muskel ermüdende Stoffe. Gleichzeitig beobachten wir, dass sie auf das peripherische Nervensystem in entgegengesetztem Sinne einwirken: sie erhöhen die Erregbarkeit der Muskelnerven.

Diese beiden in einander greifenden Thatsachen sind von nicht unbedeutender theoretischer Bedeutung.

Wir sehen, dass innerhalb des Muskels während seiner Thätigkeit sich vom ersten Augenblicke an eine in ihren Wirkungen sich immer steigernde Hemmung der Bewegung, der Contraction ausbildet, gelegen in der Anhäufung der Zersetzungsproducte des Muskels in dessen Gewebe. Diese Hemmung der Contraction erreicht endlich eine so bedeutende Stärke, dass sie durch keinen Nervenantrieb mehr zu überwinden ist, der Muskel befindet sich dann in dem Zustande der extremsten Ermüdung.

Selbstverständlich würde von der ersten Muskelcontraction an die Stärke der folgenden Contractionen immer abnehmen müssen, wenn nicht eine andere Anordnung der Bewegungsbedingungen gleichzeitig mit der beschriebenen Hemmung der Bewegung sich ausbilden würde. Ich meine die erhöhte Erregbarkeit des Nervensystemes.

Durch diese Erhöhung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven in Folge desselben Vorganges, der den Muskel in den Zustand der Bewegungslosigkeit zu versetzen intendirt, wird das letztere Moment für eine gewisse Zeit compensirt. Nehmen wir die Stärke des Reizes, der die Nerven der arbeitenden Muskeln in Thätigkeit versetzt, als constant an, so wird der Nerve des arbeitenden Muskels auf diesen Reiz, sei er welcher Art er will, stärker reagiren als der des ruhenden Muskels. Es vertritt demnach die Erhöhung der Erregbarkeit bis zu einem Grade die Stelle der Verstärkung des Reizes, von der wir wissen, dass sie auch von einem schon ermüdenden Muskel noch eine stärkere Zuckung erzwingen könne.

Es wird durch die erhöhende Wirkung der den Muskel selbst ermüdenden Stoffe auf die Erregbarkeit des Nerven dem Organismus ermöglicht, ohne die den Nerven treffende Reizstärke zu steigern, eine Zeit hindurch die gleichbleibende Muskelarbeit zu leisten, obwohl sich

im Muskel die uns nun bekannte Hemmung der Bewegung auszubilden schon begonnen hat.

Ja es lehrt die alltägliche physiologische Erfahrung, dass die Erhöhung der Nervenerregbarkeit anfänglich die Verminderung der Leistungsfähigkeit des Muskels sogar übercompensirt. Jedermann weiss, dass nicht die erste Zuckung des Muskels die höchste Höhe erreicht. Bei gleichbleibender Reizstärke zuckt der Muskel in den zunächst auf die erste folgenden Contractionen stärker als bei der ersten selbst; ein Verhältniss, dessen Grund bisher vollkommen unklar war. Der Grund dafür ist nach unseren Auseinandersetzungen der, dass die Reizstärke, die den Muskel trifft, relativ stärker wird nach den ersten Contractionen durch die Erhöhung der Nervenerregbarkeit in Folge der sich anhäufenden Muskelzersetzungsproducte, deren Menge noch nicht gross genug ist, um den Muskel wesentlich in seiner Verkürzungsfähigkeit zu stören. Noch ein anderer Grund hiefür folgt Capitel XVII. § 6. —

Eine weitere experimentell erwiesene Thatsache über die Wirkung des Kreatin's und der Milchsäure ist die, dass beide genannten Stoffe Muskelreize sind.

Der Muskel contrahirt sich, wenn er mit den genannten Stoffen in innige Berührung gebracht wird.

Der Gedanke liegt sehr nahe, dass wir damit, mit der Erfahrung, dass die Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz: Milchsäure und Kreatin Muskelreize sind, dem Probleme des inneren Grundes des Zustandekommens der Muskelcontraction wesentlich näher gerückt seien.

Der Muskel erzeugt unter dem Einflusse des Nervensystemes sich selbst aus der Zersetzung seiner eigenen Substanz Stoffe, welche ihn zur Zusammenziehung veranlassen.

Offenbar müssen diese Stoffe erst eine gewisse Menge erreicht haben, ehe sie reizend wirken; sie sind ja, wenigstens Kreatin auch im ruhenden Muskel in kleinen Quantitäten vorhanden. Man müsste sich vorstellen, dass der Nerveneinfluss, der den Muskel zur Contraction veranlasst, auf irgend eine Weise die Concentration des Muskelsaftes an den beiden reizenden Stoffen während der Zeit der latenten Reizung soweit erhöhte, dass die Muskelflüssigkeit selbst als Reiz zu wirken im Stande ist. Wie wir uns die Nervenwirkung in diesem Sinne zu denken

haben, muss vorläufig noch ganz dahingestellt bleiben. Es wird gefragt werden müssen, ob einfach Veränderungen in den Circulationsverhältnissen innerhalb des Muskels, wie sie so sicher die Muskelcontractionen begleiten, es seien, welche die reizenden Substanzen in den Muskel anhäufen lassen; oder ob es analog der Säurebildung im Magensafte die Nerven seien, welche durch irgend eine noch zu erforschende Weise Milchsäure in grösserer Menge (oder Kreatin), als sie sich normal im ruhenden Muskel bilden, entstehen liessen.

Wenn sich diess mit dem Entstehen des Reizes in der Weise verhalten würde, wie wir es in den letzten Sätzen als möglich, ich möchte sagen: als wahrscheinlich hergestellt haben, so würden wir damit der Milchsäure und dem Kreatin zwei wesentlich verschiedene Functionen auch innerhalb des Muskels selbst einräumen müssen.

Einerseits wären sie der Grund der Entstehung der Contraction des Muskels, sein directer Reiz, andererseits haben wir ja erwiesen, dass sie die hervorgerufene Bewegung in der weiteren Folge wieder verrichten.

Es scheint mir möglich in der oben angedeuteten Weise die Frage, ob die beiden fraglichen Stoffe der Grund der Contraction seien, direct in Angriff zu nehmen. Einstweilen steht schon fest, dass sie nicht nur ermüdend, sondern auch reizend auf den Muskel wirken, dass sie zu den chemischen Muskelreizen gezählt werden müssen. —

Die einfache Entfernung der ermüdenden Stoffe aus dem Muskel stellt die normalen Lebenseigenschaften des Muskels wieder her. Dasselbe thut, wenn nur Milchsäure als ermüdender Stoff eingewirkt hat, eine Neutralisation der Säure durch kohlensaueres Natron.

Wir haben in Capitel XIV schon gesehen, dass bei normal ermüdeten Muskeln — nach dem Tetanus — das Auswaschen des Muskels ganz den gleichen wiederherstellenden Effect hat als bei den künstlich durch Einspritzung von ermüdenden Stoffen ermüdeten Muskeln. Wir haben gesehen, dass die Alkalinität (des Blutes und) der Lymphe durch Neutralisation der Säure ebenfalls wiederherstellend wirke. Vielleicht hat die Bildung von Kreatinin aus Kreatin während des Tetanus und nach demselben den gleichen Effect. Jedenfalls sind es aber die zwischen Blut und Lymphe und Muskel stattfindenden Diffusionsvorgänge hauptsächlich, welche dadurch, dass sie den Muskel von

den in ihm sich während des Tetanus aufspeichernden Zersetzungsstoffen befreien, die Ermüdung wieder verschwinden lassen.

Es knüpft sich an die Beobachtung, dass die Wirkung der ermüdenden Stoffe durch einfaches Auswaschen aus dem Muskel wieder zu entfernen sind, der weitere Satz, dass die Veränderungen innerhalb des Muskelgewebes, auf welchen die Ermüdung beruht, keine definitive Umgestaltung seiner chemischen Verhältnisse sein könne. Die ermüdenden Stoffe wirken die Lebenseigenschaften des Muskels vernichtend nicht durch eine wesentliche chemische Alteration der Gewebe, sondern *allein durch ihre Anwesenheit!*

Es müssen durch ihre Anwesenheit Veränderungen in der Richtung der Oxydations- oder Zersetzungsvorgänge im Muskel statthaben, welche diejenigen Oxydationen, auf welchen die Krafterzeugung beruht, nicht mehr zu Stande kommen lassen. Entfernt man die Stoffe aus dem Muskel, so greifen die normalen Oxydations- oder Zersetzungsvorgänge wieder Platz.

So stellt sich gegenwärtig die Frage: wie wirken die ermüdenden Stoffe auf den Muskelstoffwechsel? wie sind sie im Stande, die Leistungen des Muskels oder, was dasselbe ist, die Oxydationen oder Zersetzungen der Muskelsubstanz zu hemmen?

Das letzte Capitel der Untersuchung wird der Entscheidung dieser Frage gewidmet werden.

In dem nächstfolgenden Capitel sollen noch einige Resultate zusammengestellt werden über die Wirkung einiger im Organismus ausserhalb des Muskels sich findender Zersetzungsproducte, da wir ja vermuthet haben, dass sie Wirkungen entfalten können an ganzanderen Organen, als in denen sie entstanden sind, wie diess die Kohlensäure z. B. gewiss thut.

Sechszehntes Capitel.

Physiologische Wirkungen der nicht im Muskel producirten Zersetzungsproducte des Organismus.

§ 1.

Der leitende Untersuchungsgedanke.

Wir haben in Capitel XV in der Kohlensäure einen Stoff gefunden, der seine physiologische Hauptwirksamkeit nicht an dem Orte seiner Entstehung — im Muskel — sondern an verhältnissmässig weit davon abgelegenen Orten und Organen — im Rückenmarke und Gehirne — entfaltet.

Es hat uns diese Bemerkung auf den Gedanken gebracht, dass vielleicht ausserhalb des Muskels irgendwo im Organismus entstehende Stoffe durch Vermittelung der Circulation eine physiologische Wirkung auf das uns beschäftigende Untersuchungsobject: den Muskel besitzen könnten.

Es wurde dadurch nothwendig, auch die anderen im Organismus entstehenden Zersetzungsstoffe auf ihre physiologische Wirkung zu prüfen.

Wir werden finden, dass unsere vorgefasste Meinung in Beziehung auf die Möglichkeit der Wirkung auf den Muskel sich für einige der der Untersuchung unterworfenen Stoffe bestätigt. Bei anderen Stoffen sehen wir eine Einwirkung auf den Muskel nicht, sondern auf andere Organe vorzüglich des Nervensystemes. Es wurden auch diese Wirkungen untersucht und auf diese Weise eine Grundlage geschaffen, auf der weiter zu bauen sein würde, wenn die physiologischen Zustände des Nervensystemes in ähnlicher Weise untersucht werden sollten, wie diess in vorliegender Untersuchung für den Muskel geschehen ist. Die

bisher schon gewonnenen Resultate zeigen, dass der von mir eingeschlagene Weg zu einer reichen Ausbeute führen werde. Ich behalte mir vor, in einer späteren Untersuchung diesen Weg für die Erforschung der inneren Mechanik der Nerven selbst weiter zu verfolgen. —

Die Stoffe, welche ich einer Prüfung unterwarf, sind:

1. Harnsäure und
   saures harnsaures Natron,
2. Harnstoff,
3. Hippursäure,
4. Glycocholsaures Natron,
5. Kalisalze.

Da die letzteren auch in der Muskelasche enthalten sind, so hätten sie und ihre Untersuchung vielleicht auch zu den in Capitel XV abgehandelten Stoffen gesetzt werden können. —

Es ist mit der Untersuchung der genannten Stoffe die Arbeit selbstverständlich noch nicht abgeschlossen, da ja der Organismus noch eine grosse Reihe anderer Zersetzungsstoffe producirt.

Die allgemeinen Versuchsbedingungen sind in der Untersuchung dieses Capitels vollkommen den bisher geltenden gleich. Die Einzelverhältnisse ergeben die Versuchsprotocolle.

§ 2.

Harnsäure und saures harnsaures Natron haben keinen nachweisbaren Einfluss auf den Organismus.

Es wurden Versuche mit reiner Harnsäure in 0,7 % Kochsalzlösung angestellt. Es wurden auch Versuche mit saurem harnsaurem Natron ebenfalls in 0,7 % Kochsalzlösung gemacht. Da aber von den genannten Stoffen nur eine sehr minimale Menge in Lösung geht, so lieferten wohl aus diesem Grunde beide Versuchsreihen ein negatives Resultat.

Versuche mit harnsaurem Natron habe ich noch nicht angestellt.

Die **Harnsäure** scheint in den starken Verdünnungen, in denen sie angewendet wurde, keinen nachweisbaren Einfluss auf die Kraft und Erregbarkeit des Muskels zu besitzen.

Folgende Versuche werden als Beispiele für die beobachteten Verhältnisse genügen. —

Versuch Nr. I.
Mit Harnsäure.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers 40 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer, unvergifteter Frosch, die Spritze eingebunden	155	43°
	Die elektrische Reizung versetzt den Frosch in enormen auch nach der Reizung noch fortdauernden Tetanus.		
	Der Herzschlag wird verlangsamt.		
	Die Athmung verschwindet.		
	Die Reflexe fehlen gänzlich auf tactile Reize.		
4′	Die Reflexe, Athmung, der regelmässige Herzschlag sind zurückgekehrt.		
5′	Einspritzung von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit Harnsäure	155	35°
	Die Reflexe bleiben und sind sehr stark.		
	Das Herz schlägt 41mal in der Minute.		
20′	Weitere 75 CC. Harnsäurelösung eingespritzt	154	45°
	Alles wie oben.		

Der Versuch zeigt, dass die Harnsäure-Einspritzung in der enormen angewendeten Verdünnung keinen Einfluss auf den Organismus zeigte, es zeigen sich nur die bekannten Wirkungen der Kochsalzlösung von 0,7 %, indem durch die Einspritzung die anfänglich durch den spontanen Tetanus gesunkene Kraft des Muskels wieder hergestellt wurde.

Der Grund, warum ich gerade diesen Versuch hier mittheile, ist der, dass sich hier in Folge des enormen Tetanus nicht nur die Wirkungen der ermüdenden Stoffe, sondern offenbar auch die der durch den Tetanus erzeugten Kohlensäure unter normalen Bedingungen ebenso zeigen, wie bei der künstlichen Einspritzung von Kohlensäure, wie wir sie im Capitel XV vorgenommen.

In Folge des Tetanus verschwinden die Athembewegungen und die Reflexe und der Herzschlag wird verlangsamt. Letzteres Factum könnte sich auch auf die Wirkung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin beziehen.

Man sieht, dass man in der Folge, wenn einmal erst die physio-

logischen Wirkungen aller im Organismus sich bildenden Zersetzungsstoffe bekannt sein werden, aus bestimmten Erscheinungen am Organismus auf die An- oder Abwesenheit eines oder des anderen dieser Stoffe mit Sicherheit wird schliessen können. —

Versuch Nr. II.
Mit Harnsäure.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers bei 40 MM. Rollenabstand.
1′	Frischer, starker, unvergifteter Frosch, Männchen, bluthaltig	160	43°
	Der Frosch verfällt bei der elektrischen Reizung in starken spontanen Tetanus, danach	?	15°
	Das Herz schlägt ganz, 36mal in der Minute.		
5′	Einbinden der Spritze in die Aorta, Anschneiden des Herzens, des Ventrikels; das Herz schlägt danach 40mal in der Minute.		
6′	Das Herz schlägt wieder 34mal.		
7′	75 CC. Harnsäurelösung in 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt	?	25°
	Die Reflexe sind vorhanden.		
10′	,, ,,	147	43°

Auch in diesem Versuche zeigt die Harnsäure keine deutliche Wirkung. Die Nervenerregbarkeit ist etwas herabgesetzt. Das Herz schlägt etwas rascher.

Versuch Nr. III.
Mit saurem harnsaurem Natron.

Zeit in Minuten.	Abstand der Rollen in MM.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Muskelzeigers.
1′	40	Frosch mit Curare vergiftet. Nach der Salzwasserinjection von 75 CC.	45°
2′	,,	75 CC. einer Lösung von saurem harnsaurem Natron in 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt (es löste sich nur sehr wenig!).	45°
		Das Herz schlägt fort, es ist keine Veränderung an ihm wahrzunehmen.	

Auch das **saure harnsaure Natron** zeigt demnach keine physiologische Wirkung. —

§ 3.

Physiologische Wirkungen des Harnstoffs.

Es ist lange schon bekannt, dass der Harnstoff bei seiner Anwesenheit im Blute bestimmte Veränderungen in den Functionen des Organismus setzt, die man unter dem Ausdrucke: Urämie zusammenfasst.

Die Untersuchungen sind meist am Menschen und an lebenden Säugethieren bisher gemacht worden. Die gewonnenen Resultate scheinen mir noch einer näheren Bestätigung zu bedürfen.

Im Folgenden will ich die wesentlichsten Resultate meiner nach den bisher von mir angewendeten Methoden gemachten Untersuchung zusammenstellen.

An dieser Stelle gehe ich auf die schon von anderen Autoren gewonnenen Resultate nicht näher ein, da ich mit den hier mitgetheilten Thatsachen den Kreis meiner Beobachtungen auf diesem Gebiete nicht abgeschlossen zu haben gedenke.

Versuch Nr. I.

Harnstoffversuch am frischen Frosch.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
1′	Der frische Frosch, nur aufgebunden .	140	24°
	Nach dem Tetanus	145	
4′	Nach dem Einbinden des Röhrchens in das Herz und Verbluten	145	32°
6′	Eine Einspritzung von 40 CC. Harnstofflösung (in 0,7 % Kochsalzlösung) von 2 %	141	30°
	Das Herz schlägt fort. Die Spontanbewegungen, welche der Frosch anfänglich sehr heftig gemacht hatte, sind vorüber. Die Reflexbewegungen auf tactile Reize sind äusserst schwach, die Athembewegungen gehen fort. Die Einspritzung erzeugt keine krampfhaften Bewegungen an den Muskeln. Losgespannt hat der Frosch eine grosse Aehnlichkeit mit einem Curarefrosch, er scheint todt.		
11′	Es treten wieder starke Spontanbewegungen ein, der Frosch athmet stark und oft .	151	34°
12′	Neue Einspritzung von 40 CC. derselben Harnstofflösung	140	25°

Zeit. in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
14′	Die Reflexe sind gänzlich verschwunden, ebenso die Spontanbewegungen	130	24°
16′	Das Herz schlägt fort, auch die Athmung ist bemerkbar.	138	25°
18′	Alles wie vorher	145	30°
43′	Sehr schwache Reflexbewegungen auf tactile Reize an den hinteren Extremitäten.		
103′	Schwache Reflexe an den oberen Extremitäten, an den unteren waren keine zu bemerken. Das Herz hatte eine Zeitlang mit seinen Contractionen ausgesetzt, contrahirte sich aber auf directe Reizung — Stechen — später fängt es wieder an spontan zu schlagen. Die Athembewegungen fehlen . . .	145	45°

Während der Frosch in seinen Erregbarkeitsverhältnissen — R.-A. beim Eintritt der ersten Zuckung — und in seiner Fähigkeit, Gewichte zu heben, keine wesentlichen Veränderungen zeigt, während Herzschlag und Athmung ungehindert vor sich gehen, bietet er nach der Harnstoffeinspritzung das vollkommene äussere Bild des Todes dar. Die Spontanbewegungen und Reflexe fehlen gänzlich.

Eine sehr grosse Reihe von Versuchen hatte ausnahmslos das gleiche Resultat. Manchmal hörte die Athmung schon bald auf, einzelne Male auch die spontanen Herzbewegungen, doch blieb das Herz stets erregbar auf directe Reize. Es zeigt auch das vorstehend als Beispiel angeführte Versuchsprotokoll, dass eine spontane Erholung des Frosches nach Harnstoffeinspritzungen von geringerer Menge eintreten könne. Nach noch geringeren Mengen ist die Erholung eine vollständige, so dass der Frosch wieder hüpft und Fluchtversuche macht. Durch Auswaschen mit 0,7 % Kochsalzlösung konnte auch bei grösseren Mengen von eingespritztem Harnstoff die Erholung wieder herbeigeführt werden.

Es musste die Frage aufgeworfen werden, auf welche Organe wirkt der Harnstoff?

Das schon mitgetheilte Resultat, dass die Erregbarkeit nur sehr unwesentlich geändert wird, schien schon darauf hinzuweisen, dass wir es hier nicht mit einer Lähmung der Nervenstämme oder Nervenendigungen zu thun haben könnten. Die directe Beobachtung bestätigte diese Vermuthung: auf Durchschneidung der Nervenstämme und der

Nervenwurzeln traten die entsprechenden Muskelzuckungen ein, ebenso traten allgemeine Zuckungen bei Durchschneiden des Rückenmarkes ein, und Tetanus bei Stechen des Rückenmarkes mit einer Nadel zu einer Zeit als durchaus keine Reflexbewegung mehr zu erhalten war. Wir können demnach nicht umhin, auszusprechen, dass es, da Rückenmark, Nerven und Muskeln keine wesentliche Alteration in ihrem Verhalten erkennen lassen, äusserst wahrscheinlich sei, dass die Wirkung des Harnstoffes sich einzig auf die Gehirnorgane beschränke.

Reflexe und Spontanbewegungen sind aufgehoben: die Wirkung des Harnstoffes scheint sich demnach auf das Organ des Willens und das Reflexhemmungscentrum zu beschränken.

Es schien mir interessant, den Ort der durch Harnstoff alterirten Gehirnpartie zu bestimmen. Ich stellte zu diesem Zwecke eine Reihe von Localisirungsversuchen an, die ich in ihrer Gesammtheit in Kürze mittheilen will.

Begrenzungsversuche der durch Harnstoffeinspritzung betroffenen Stelle im Gehirn.

1. Versuche zum Ausschluss des Rückenmarkes.

A. Durchschneidung des Rückenmarkes.

1. Einem Frosche — Erregbarkeit: 135 Mm., Kraft: 38° — wurde eine Injection von 15 CC. 4 % Harnstofflösung (in 0,7 % Kochsalzlösung) gemacht — Erregbarkeit: 135 Mm., Kraft: 35° —. Die Reflexe sind vollkommen verschwunden, vom Nerven aus erfolgen die Zuckungen fort. Nach Abschneiden des Kopfes, das Zuckungen machte, kehren die Reflexe zurück. Das Herz schlägt fort. Auch diese stark concentrirte Harnstofflösung bewirkte in keinem Fall bei der Einspritzung Zuckungen oder Krämpfe.

2. Die Reflexe sind nach der Einspritzung weniger CC. einer 4 % $\overset{+}{U}$-Lösung weg, kehren aber nach einiger Zeit von selbst wieder, als Zeichen einer oft beobachteten spontanen Wiedererholung.

Nach grösseren Einspritzungen bleiben die Reflexe aus. Die Durchschneidung des Rückenmarkes, wie seine Reizung durch Bohren erregt lebhafte Krämpfe, ebenso das Durchschneiden der Nerven. Nach dem Durchschneiden des Rückenmarkes kehren die Reflexe nicht zurück.

3. und 4. Versuche an zwei Fröschen mit 4 % $\overset{+}{U}$-Lösung. — Die Reflexe hören auf nach einer geringen Einspritzung. Sie kehren nach dem Abschneiden des Rückenmarkes — das mit möglichst wenig Verletzung des übrigen Körpers durch Abstechen mit einem Meissel von der Vorderseite aus gemacht wurde — zurück, und können nun nicht mehr durch $\overset{+}{U}$-Einspritzung vertrieben werden.

5. Das Einspritzen von $\overset{+}{U}$ hob die willkürlichen Bewegungen auf, die Reflexe nehmen sehr bedeutend ab, aber verschwinden nicht vollkommen. Nach einiger Zeit erholt sich der Frosch wieder vollkommen und hüpft im Glase umher.

6. Der Frosch ist sogleich in Beziehung auf willkürliche Bewegungen und Reflexe gelähmt. Nach Abschneiden des Kopfes kehren, nach 1,5 Minuten, die Reflexe zurück. Nach 1 hor. 45′ bestehen sie noch. Nach 3 hor. sind sie weg. —

B. Versuche an enthirnten Thieren.

7—9. Drei Versuche an drei Fröschen, denen das Gesammthirn entfernt war vor der erstmaligen Einspritzung. — Die Harnstofflösung ist bei diesen Thieren bei ihrer Einspritzung vollkommen wirkungslos. Die Reflexe bestehen ungeschwächt fort.

10—11. Einspritzung nach vorläufiger Durchschneidung des Rückenmarkes in der oben angegebenen Art. Zwei Versuche an zwei Thieren. Es wurde controlirt, dass die $\overset{+}{U}$-Lösung wirklich den Körper durchströmte. Es wurden je 15 CC. $\overset{+}{U}$-Lösung von 4 %, wie in allen obigen und späteren Versuchen, eingespritzt. Die Reflexe bleiben bestehen ohne eine bemerkbare Schwächung.

12. Der Versuch ergab vollkommen das gleiche Resultat.

2. Versuche bei Ausschliessung verschiedener Hirntheile.

Nachdem durch die ebenbeschriebenen Versuche die Wirkung des $\overset{+}{U}$ als sich allein auf das Gehirn beschränkend nachgewiesen war, versuchte ich noch weiter, im Gehirn selbst die betroffenen Partieen aufzufinden. Ich wurde dabei von der Idee geleitet, dass man auf diese Weise das von Setschenow beschriebene Reflexhemmungscentrum müsste localisiren können.

C. Schnitt unter den Vierhügeln und zwischen diesen und dem verlängerten Mark.

13. Die Einspritzung von $\overset{+}{U}$ (4%) ist erfolglos, die Reflexe bleiben und sind nach 1 hor. noch vorhanden, nach weiter einer Stunde ist der Frosch todt. Die Reflexe sind nach dem Einspritzen sehr stark, so dass mit Mühe der Frosch auf dem Befestigungsbret zu halten ist. Nach und nach wird dieser Bewegungssturm etwas geringer.

Bei dem Einspritzen zeigten sich leichte, krampfartige Bewegungen.

D. Schnitt durch die Mitte der Vierhügel.

14. Die Reflexe verschwinden Anfangs, später kehren sie aber zurück und bleiben nach neuen Einspritzungen. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes werden die Reflexe stärker und später sehr lebhaft.

15. Die Reflexe werden anfänglich schwächer, nach 0,5 Minuten sind sie wieder ungeschwächt vorhanden und bleiben.

16 und 17. Zwei Versuche an zwei Fröschen. — Die Reflexe bleiben nach der Einspritzung. Die Einspritzung hat eine Einathmungsbewegung der Bauchmuskeln zur Folge. Die Athembewegungen gehen fort in den Fällen von 14—17 incl.

E. Schnitt durch die Mitte der Hemisphären.

18. Die erste minimale Einspritzung der 4% $\overset{+}{U}$-Lösung bewirkt einen enormen Tetanus mit Rückwärtsbeugung. Die Reflexe sind nach dem Aufhören desselben sehr geschwächt, aber noch vorhanden. Eine neue Einspritzung macht keine Krämpfe; die Muskeln sind bewegungslos. Die Reflexe sind ganz verschwunden.

Nach Durchschneidung der Vierhügel in der Quere wie oben kehren nach 2 Minuten die Reflexe schwach zurück, später sind sie wieder verschwunden.

19. Die Reflexe werden äusserst schwach, aber verschwinden nicht vollkommen; nach der Durchschneidung des Rückenmarkes verschwinden sie ganz, ohne wiederzukehren.

20. Die Reflexe verschwinden gänzlich. Das Durchschneiden des Rückenmarkes bringt sie nicht zurück.

21. Die Reflexe verschwinden gänzlich. Es treten auf wiederholtes Einspritzen die enormsten tetanischen Krämpfe auf. Das Durchschneiden des Rückenmarkes bringt die Reflexe nicht zurück.

22. Der Erfolg wie bei Versuch 20. Die Reflexe hörten auf. Es traten, scheinbar ohne weitere Ursache, leichte Bewegungen ein, die einen spontanen Charakter vortäusehten.

Als Resultat der Localisirungsversuche der Harnstoffwirkung im Gehirne des Frosches stellt sich Folgendes heraus:

Die durch die Harnstoffeinspritzung betroffene Hirnpartie liegt zwischen der Mitte des Grosshirnes und der Mitte der Vierhügel, wohin etwa auch Setschenow das von ihm aufgefundene Reflexhemmungseentrum verlegt.

Die Wirkung der Harnstoffinjection scheint eine Reizung des Reflexhemmungscentrums zu sein, aus der sich sehr bald eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates entwickelt, so dass auch nach der Entfernung des gereizten Hirnorganes — nach Durchschneidung des Rükkenmarkes — nur in seltenen Fällen und schwach die Reflexe wiederkehrten, in der Mehrzahl der Fälle blieben sie aus.

Trotz der Lähmung der Reflexmechanismen reagirt jedoch das Rückenmark auf directe Reizung mit einer Nadel noch kräftig, und die Nerven bleiben noch erregbar.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass, während die $\overset{+}{U}$-Einspritzung auch in einer Concentration von 4 % und mehr keine krampfhaften Bewegungen bei dem unverletzten Thiere erregte, solche in einzelnen Fällen, in denen das Gehirn durch Einschneiden verändert war, und zwar theilweise sehr heftig auftraten.

Die Schnitte, nach welchen solche Krämpfe auftraten, lagen zwischen der unteren Hälfte der grossen Hemisphären bis zur unteren Grenze der Vierhügel, die gereizte Partie muss demnach unterhalb dieser letzteren Grenze gelegen sein, wenn wir annehmen, dass jene — wie das alle anderen Versuche genügend ergeben — einen centralen Ursprung hatten. Ein peripherischer Ursprung wird als möglieh ausgeschlossen durch das Ergebniss der Wirkungslosigkeit des $\overset{+}{U}$ nach Abtrennung des Rückenmarkes unterhalb des verlängerten Markes. Ich bin der Ansicht, dass die Krämpfe nach Durchschneidung von Gehirnpartieen nicht auf die später eingespritzte $\overset{+}{U}$-Lösung zu beziehen seien, da ich nach Durchschneidung der Grosshirnhemisphären spontan in einem Falle die enormsten Streckkrämpfe, die einen Strychnintetanus

vortäuschten, auftreten sah. In jenem Falle wurde gleichfalls constatirt, dass die Reflexthätigkeit keine Steigerung erfahren hatte. —

Es schien mir wünschenswerth, nach diesen Beobachtungen am $\overset{+}{U}$ auch noch nachträglich zu prüfen, wie sich denn das Kreatin gegen das Reflexhemmungscentrum verhalte.

Alle — 12 — angestellten Versuehe ergaben in dieser Hinsicht ein negatives Resultat. Die Reflexbewegungen waren zwar nach der Einspritzung schwächer in Beziehung auf die Muskelbewegungen, die durch tactile Reize ausgelöst wurden, was sich jedoch als eine nothwendige Folge der ermüdenden Eigenschaft des Kreatins voraussehen liess. Die Reflexe verschwanden nie.

Es zeigen diese Versuche deutlich, dass sich die einzelnen Organe vollkommen verschieden verschiedenen im Allgemeinen als Organreize aufzufassenden Stoffen gegenüber verhalten. Kreatin, das von so energisch ermüdender Wirkung auf das Muskelgewebe ist, lässt das Centralorgan der Reflexhemmung ganz unbeeinflusst; der Harnstoff umgekehrt wirkt — soviel meine Versuche ergeben — allein auf dieses Organ und vielleicht noch auf das Organ des Willens.

Es wäre vielleicht möglich anzunehmen, dass die Vernichtung der Reflexthätigkeit allein das Bild der sensoriellen Lähmung schon hervorbrächte. —

§ 4.

Hippursäure.

Am nächsten schliesst sich in ihrer Wirkung die Hippursäure an den Harnstoff an; auch sie setzt weder die Erregbarkeit noch die Kraft der Musculatur herab.

Beispielsweise theile ich folgende Tabelle mit.

Hippursäure-Versuch am frischen Frosch Nr. 1.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
1′	Frischer Frosch	155	35°
4′	Einspritzen einer kaltgesättigten Lösung von Hippursäure in 0,7 % Kochsalzlösung — 75 CC. — Anfänglich treten bei jeder neuen kleinen Einspritzung Zuckungen auf. Die Reflexe verschwinden ganz.		

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
7′	Das Herz steht still und contrahirt sich auch nicht mehr auf tactile Reize. . . . Nach Kochsalzeinspritzung kehren die Reflexe nicht zurück, aber das Herz pulsirt wieder. Muskeln und Nerven sind noch vollkommen erregbar.	156 155	40°

Das Resultat der Hippursäure-Einspritzung stimmt in so fern mit dem bei Harnstoffinjection beobachteten überein, als auch hier kein Einfluss auf die Erregbarkeit und Kraft der Stammmusculatur nachweisbar ist, während die Reflexe verschwinden. Ein Unterschied existirt in der Wirkung auf das Herz, die bei Hippursäure regelmässig beobachtet wurde. Das Herz wird gelähmt und zwar, wie mir scheint, in seiner Musculatur. Eine schwache Wirkung auf die Stammmusculatur deuten auch die beobachteten Contractionen nach der Einspritzung an.

Es fragte sich, ob auch bei Hippursäure wie bei dem Harnstoff die von der Einspritzung hauptsächlich betroffene Partie im Gehirn sich finde. Ich theile beispielsweise zwei Versuche mit, die mir ausreichend scheinen, dafür den geforderten Beweis zu liefern.

Hippursäure-Versuch Nr. 2.

Bei dem frischen Frosch erfolgte die erste Zuckung bei 143 Mm. Rollenabstand. Bei 50 Mm. Rollenabstand zog er den Muskelzeiger auf 37°. Nach der Hippursäure-Einspritzung — 75 CC. in der obigen Concentration — steht das Herz still. Die Reflexe sind gänzlich verschwunden. Erste Zuckung bei 170 Mm. Rollenabstand, bei 50 Mm. Zeiger bis zu 35° — 40° gezogen. Das Rückenmark wurde durchschnitten; während der Hippursäure-Einspritzung kehren die Reflexe zurück, sie bleiben jedoch schwach und das Herz bleibt bewegungslos. Durch Salzwasser-Einspritzung kehren die Herzcontractionen zurück.

Hippursäure-Versuch Nr. 3.

Dem frischen Frosch wurde das Rückenmark durchschnitten. Die Hippursäure-Einspritzung hat ein Stillstehen des Herzens zur Folge, die Reflexe bleiben bestehen, der Frosch hält die Beine fest an

den Leib gezogen. Sobald eine Einspritzung von Hippursäure gemacht wird, legt sich das Bein erschlafft zur Seite. Das Herz bleibt bewegungslos und contrahirt sich weder auf tactilen noch elektrischen Reiz. Die Bewegung der übrigen quergestreiften Musculatur, bleibt kräftig. Nach Kochsalz-Einspritzung kehren die Herzcontractionen zurück. —

Es ist deutlich, dass auch die Hippursäure eine directe Wirkung auf das Reflexhemmungscentrum besitzt, indem sie dasselbe primär erregt, worauf später eine vollkommene Lähmung der peripherischen Reflexmechanismen eintreten kann. — Versuch Nr. 1. — War die Einwirkung der Hippursäure weniger energisch, so erholen sich die Reflexmechanismen nach Abtrennung des Hemmungscentrums wieder, sogar während sie von Hippursäure fortwährend umspült sind. — Versuch Nr. 2. — Die Hippursäure hat keine lähmende Wirkung auf die Reflexe, wenn das Rückenmark durchschnitten war vor der Einspritzung, doch hat sie offenbar, wie aus Versuch Nr. 3. hervorgeht, die Eigenschaft, die Reflexthätigkeit zu beruhigen; die Hippursäure hebt die durch eine vorausgegangene äussere Einwirkung gesetzte Reflexreizung auf.

Die Wirkung der Hippursäure auf das Herz scheint uns die Möglichkeit zu zeigen, dass Reize nur auf einzelne bestimmte quergestreifte Gruppen Muskelfasern einzuwirken im Stande sind, während sie allen anderen (?) gegenüber indifferent sein können.

§ 5.

Glycocholsaures Natron.

Die Versuche von A. Röhrig, über den Einfluss der Galle auf die Herzthätigkeit (Arch. d. Heilkunde IV. 385—419), welche eine Einwirkung der Galle auf die Herzbewegung von den Herzganglien aus nachgewiesen haben, erregten in mir die Absicht, diesen Stoff auch in seiner Wirksamkeit auf die Gesammtmusculatur zu prüfen. Wenn sich auch normal keine Gallensäuren im Muskel finden, so kann doch im Icterus ein Einwirken dieser Stoffe auf die Musculatur statthaben.

Nach diesem Gesichtspunct gehört demnach auch die Galle in den Bereich vorliegender Untersuchung.

Es wurde nur gallensaures Natron auf seine Wirkung geprüft. Die Lösung desselben, von 1 %—0,5 %, geschah in 0,7 % Kochsalzlösung.

Einige Beispiele werden genügen, die beobachteten Verhältnisse klar zu machen; ich stelle sie in folgender Tabelle zusammen.

Versuche
mit gallensaurem Natron.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
	Nr. 1.		
1′	Frischer Frosch	155	40°
3′	10 CC. Lösung von gallensaurem Natron von 1 % eingespritzt = 0,1 Grm. Der Frosch verfällt in starke Krämpfe, später in anhaltenden Tetanus, der den Zeiger hält auf .	. . . .	32°
18′	Die Muskeln sind noch gespannt, hart wie Holz, der Zeiger steht auf	. . . .	9°
10′	Der Zeiger stand noch auf 10°, es war noch Tetanus vorhanden	125	2°
	Das Herz war nach der Galleneinspritzung anfangs bewegungslos, die Vorhöfe ausgedehnt, die Kammer contrahirt. Auf directen Reiz contrahirte es sich noch und nachdem es auf diese Weise einige Male sich contrahirt hatte, pulsirten die Vorhöfe in Pausen.		
19′	Die Muskeln sind noch erregbar, doch nicht mehr im Stande, das Gewicht zu heben.	125	0°
30′	Alles wie oben. Es wurden nun 150 CC. Kochsalzlösung durchgespritzt. Das Herz begann zu pulsiren, die Muskeln trieben sich enorm auf, sie werden glasartig durchsichtig.		
34′	Nach dem Einspritzen steht die Herzpulsation wieder, es treten aber auf directe Reize kräftige Contractionen ein	125	0°
	Nr. 2.		
1′	Frischer Frosch	140	60°
2′	20 CC. 0,5 % gallensaures Natron in Lösung eingespritzt. Das Herz steht sogleich still, contrahirt sich nicht auf directen Reiz. Allgemeinkrämpfe in den Muskeln . . .	150	60°
4′	Herz todt; die Reflexe sind noch vorhanden, aber undeutlich, weil die Muskeln steif sind. Der Frosch contrahirt die Muskeln noch auf tactile Reize der Haut, er kann aber das Bein nicht mehr anziehen.	145	30°
10′	Herz todt. Reflexe schwach wie oben, die Augen werden auf Berührung der Cornea nicht geschlossen	160	30°

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
15′	Alles wie oben	145	30°
20′	Die Reflexe scheinen nun ganz zu fehlen.	160	28°
22′	,, ,,	155	22°
30′	,, ,,	155	15°
50′	,, ,,	160	8°
60′	,, ,,	160	10°
70′	,, ,,	160	8°
71′	75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt. Der Frosch bläht sich allgemein sehr stark auf; die Muskeln werden dick und glasig. Das Herz todt, die Reflexe verschwunden . .	160	10°
74′	Herz todt, Frosch steif. Vom Rückenmark aus schwache Zuckungen.	160	20°

Es ergeben alle von mir angestellten Versuche, wie die oben mitgetheilten, dass das gallensaure Natron eine **lähmende** Wirkung auf die gesammte quergestreifte Musculatur ausübt; die Wirkung auf das Herz ist demnach keine specifische, sondern bezieht sich darauf, dass das Herz aus quergestreiften Muskelfasern besteht.

Die Wirkung des Gallensalzes beruht also auf einer Alteration der Herzsubstanz selbst und ich stimme hierin mit Traube[1]) überein, im Gegensatz zu den Ansichten Landois' und Röhrich's.

Die Wirkung der Gallensalze auf die Musculatur ist wie die der CO_2 keine ermüdende, sondern eine lähmende. Während wir es als Hauptcharakteristicum der ermüdenden Substanzen ansprechen müssen, dass ihre Einwirkung mit keiner chemischen Veränderung der Gewebe verbunden sei, so dass ein alleiniges Auswaschen der ermüdenden Stoffe genügt, ihre Wirkung vollkommen wieder aufzuheben, ist die Einwirkung der Gallensalze auf die quergestreifte Musculatur eine weit tiefer gehende. Das Aufblähen der Muskeln bei der Einspritzung der indifferenten Flüssigkeit — 0,7 % Kochsalzlösung — beweist, dass der Muskel in seinem chemischen Verhalten verändert ist. Damit stimmt auch die geringe Wirkung der Salzwaschung überein.

Die Einwirkung der Gallensalze auf die peripherischen Nerven ist gering, in einigen Fällen zeigte sich statt einer Herabsetzung der Erregbarkeit eine Erhöhung derselben. Auf die Ganglienapparate ist die

1) Ueber den Einfluss der gallensauren Salze auf die Herzthätigkeit. Berl. Klin. Wochenschrift. 1864. Nr. 9 und 15.

Wirkung ebenso lähmend, wie auf die Musculatur, wofür das Verschwinden der Reflexe und die schwachen Zuckungen vom Rückenmark aus sprechen. —

§ 6.

Kalisalze.

Die Versuche von Claude Bernard, welche die giftige Wirkung von Einspritzung von Kalisalzen in die Blutmasse nachgewiesen haben, veranlassten folgende Experimente, welche einen Aufschluss über den Grund der heftigen Einwirkung dieser Stoffe auf den thierischen Organismus ergaben.

In folgender Tabelle sind beispielsweise mit verschiedenen Kalisalzen gewonnene Resultate zusammengestellt.

Versuche
mit Kalisalzen.

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
	Nr. 1. Chlorkalium.		
1′	Frischer Frosch	150	65°
3′	Es wurden 15 CC. einer 0,7 % Lösung von Chlorkalium in Wasser eingespritzt = 0,1 Grm. Das Herz steht still und reagirt nicht mehr auf directe Reize. Es traten während der Einspritzung sehr starke Allgemeinkrämpfe der Muskeln ein. Bei 50 Mm. Rollenabstand sind die Zuckungen nach dem Aufhören des Tetanus sehr schwach; Reflexe, Athmung, spontane Bewegungen sind ganz verschwunden . . .	150	0°!!
10′	Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt	150	15°
12′	Wieder 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt	150	27°
16′	Das Herz schlägt wieder, aber langsam und schwach, Frosch gebläht. Reflexe etc. treten nicht wieder ein	150	38°
	Nr. 2. Salpetersaures Kali.		
1′	Frischer Frosch	120	30°
3′	Es wurden 50 CC. 0,7 % Salpeterlösung eingespritzt, das Herz ist todt, starke Krämpfe	120	0°!!
7′	Es wurden 100 CC. Kochsalzlösung eingespritzt. Der Frosch ist, wie oben, todt; das Herz erholt sich nicht wieder. Der Frosch ist sehr aufgebläht	120	0°

Zeit in Minuten.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung.	Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand.
	Nr. 3. Salpetrigsaures Kali.		
	Frischer Frosch	150	55°
	Es werden 10 CC. salpetrigsaure Kalilösung von 0,7 % eingespritzt. Das Herz steht sogleich still, starker Tetanus der gesammten Musculatur, der rasch wieder verschwindet.	150	0° !
	Kochsalzwaschung ohne Erfolg.		

Die von Claude Bernard gefundene giftige Wirkung der Kaliinjectionen in die Blutmasse beruhen auf einer durch diese Substanzen gesetzten augenblicklichen Lähmung der gesammten quergestreiften Musculatur, an welcher auch das Herz theilnimmt.

Die Einwirkung ist eine sehr heftige, da schon sehr geringe Mengen der genannten Stoffe genügen, das Thier zu tödten. Eine Wiederherstellung durch Kochsalzwaschung wurde nur bei dem Chlorkalium beobachtet, nur in dem oben angeführten Falle war sie jedoch von einiger Bedeutung, sonst war die Erholung nur sehr minimal: 4° des Muskelzeigers.

An den mit Kali getödteten Thieren wurde auch eine 2 % Zuckerlösung als wiederherstellende Flüssigkeit geprüft und zwar mit Erfolg. —

Ich beschliesse hiemit diese kurze Mittheilung der angestellten Versuche und ihrer Resultate und fasse das Gesammtresultat der Untersuchung in folgende Sätze zusammen:

§ 7.

Resultate.

A. Wirkungen auf das Muskelgewebe.

1. Gallensaures Natron und die Chloralkalien wirken etwas anders und zwar besonders weit heftiger alterirend, als Kreatin und Milchsäure. Man kann die Wirkung dieser Stoffe im Gegensatz zu der der ermüdenden Stoffe eine lähmende nennen. Ich verkenne nicht, dass dieser Unterschied vielleicht nur ein gradueller ist. Doch ist wichtig, dass diese letzteren Stoffe sehr bald eine definitive Veränderung der Substanz des Muskels hervorbringen; während die Wirkung der ermüdenden Stoffe stets durch das Entfernen derselben aufzuheben ist.

Die Wirkung der *Hippursäure* auf das Herz scheint auf einer directen Einwirkung dieses Stoffes auf die Herzsubstanz selbst zu bestehen. Die Wirkung ist eine vorübergehende, ermüdende. Es scheint dies ein Beispiel dafür, dass ein Stoff im Stande ist, nur auf eine bestimmte, kleine Gruppe quergestreifter Fasern zu wirken — auf's Herz. Doch scheinen dagegen die einige Male beobachteten Zuckungen der Stammmusculatur während der Einspritzung darauf hinzudeuten, dass vielleicht doch eine wenn auch schwache Einwirkung auf die gesammte quergestreifte Muskelsubstanz statthabe. Die bisher angestellten Versuche ergaben sonst stets, dass sich das Herz ganz den übrigen quergestreiften Muskeln analog den alterirenden Stoffen gegenüber verhielt.

2. Die anderen untersuchten Stoffe zeigen keine Wirkung auf den Muskel.

B. *Wirkung auf das peripherische Nervensystem.*

3. Die Erregbarkeit der Nervenstämme wird, wie bekannt, wie bei normaler Ermüdung, *erhöht* durch die wirklich ermüdenden Stoffe: *Milchsäure* und *Kreatin*.

4. Die Erregbarkeit *vermindernd*, resp. vernichtend wirken: *Kohlensäure* und *gallensaures Natron*.

5. Ganz *indifferent* auf die peripherischen Nerven zeigen sich: ausser *Kreatinin*, noch *Traubenzucker*, *Harnsäure*, *saures harnsaures Natron*, *Harnstoff*, *Hippursäure*, *Kalisalze*.

C. *Wirkungen auf die Reflexmechanismen.*

6. Erregend auf das *Setschenow'sche Reflexhemmungscentrum* wirken: *Harnstoff*, *Hippursäure*, *gallensaures Natron* und die *Kalisalze*. Alle anderen von mir hier untersuchten Stoffe scheinen indifferent dafür zu sein.

Alle vier ebengenannten Reize des Reflexhemmungscentrums haben die gemeinsame Eigenschaft, vom Gehirn aus nach und nach eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates herbeizuführen. Von dem Harnstoff und der Hippursäure ist nachgewiesen, dass sie direct ohne lähmenden Einfluss auf die peripherischen Reflexmechanismen seien.

7. *Nur von der Hippursäure ist eine deutliche Einwirkung auf die peripherischen Reflexmechanismen*

beobachtet worden. Er besteht in einer Beruhigung des durch äussere Einwirkungen gesetzten Reizzustandes derselben, ohne eine Verminderung ihrer Energie.

Die vorstehend mitgetheilten Resultate zeigen uns bei einer Reihe organischer Vorgänge die Möglichkeit der Erkenntniss der stofflichen, chemischen Grundlage, welche die Wissenschaft zwar aus theoretischen Gründen postulirte, die sich aber bisher einer experimentalen Beobachtung entzogen hatten.

Eine Zelle, deren Inhalt sich in seiner chemischen Zusammensetzung wesentlich verändert, muss aus theoretischen Gründen in ihren Lebenseigenschaften wesentlich verändert sein.

Wir sind mit der von mir befolgten Methode im Stande, experimental den Zelleninhalt — Inhalt des Muskelrohres, der Ganglienzellen z. B. — zu verändern und zu erforschen, 1) was wir als eine wesentliche Veränderung desselben aufzufassen haben und 2) in welcher Art sich nach einer solchen die Lebenseigenschaften der Zelle verändern.

Meine Experimente lehren direct, dass allein schon die Anwesenheit gewisser Stoffe in dem Zelleninhalte in nur einigermaassen grösserer Menge, ohne eine weitere, eingreifende Veränderung der Zelle selbst, hinreicht, ihre normalen Lebenseigenschaften zu verändern, zu verstärken oder verschwinden zu machen; und dass umgekehrt durch die einfache Entfernung oder Verminderung dieser Stoffe in dem Zelleninhalt die Eigenschaften in normaler Weise zurückkehren.

Sie lehren weiter, dass die Zellen verschiedenen Stoffen gegenüber sich sehr verschieden verhalten; dass einzelne Stoffe für alle Zellen indifferent sein können (Zucker), während andere für eine indifferent, für eine andere von bedeutender Wirkung zu sein vermögen, und zwar scheint es, dass derselbe Stoff in derselben Zelle in geringerer Menge die normalen Thätigkeiten erhöhen, in grösseren dieselben vermindern könne (Milchsäure, Kreatin).

Die Anwesenheit der gleichen Stoffe in verschiedenen Zellen bewirkt bei der einen eine Herabsetzung, bei der andern eine Erhöhung der Lebenseigenschaften. —

Die Reihe der von mir untersuchten Stoffe ist noch gering. Doch geht schon aus den bisher beobachteten Wirkungen derselben hervor,

dass der Organismus sich selbst Reize der verschiedensten Art producirt, dass eine Reihe von Lebenserscheinungen, von Veränderung der Functionen der Organe, von Hemmungsvorrichtungen auf einfachen chemischen Veränderungen des Inhalts gewisser Zellen beruhe.

Wir haben dadurch einen neuen Einblick in die Oekonomie des Organismus gethan. Wir sehen, dass den Stoffen, die wir bisher nur als Auswurfstoffe des Organismus betrachtet haben, eine weittragende Bedeutung für die organischen Verrichtungen zukomme.

Anhang zum XVI. Capitel.

Um nicht die naheliegende Frage unentschieden zu lassen, ob die Wirkung der ermüdenden Stoffe eine specifische sei oder nicht, habe ich eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, welche jedoch zu wenig praktisches Interesse für jetzt besitzen, als dass ich mich veranlasst sehen würde sie hier in ganzer Ausdehnung mitzutheilen.

Folgende Angaben mögen genügen.

Die Analogie in der Zusammensetzung des Kreatin's und Kaffeïn's hatte mich auf den Gedanken geführt, dass die Wirkungen beider Stoffe vielleicht ähnlich sein könnten. Diese Aehnlichkeit in der Wirkung konnte ich nicht auffinden. Es erregt zwar das Kaffeïn ebenso wie das Kreatin heftige Krämpfe bei der Einspritzung in den Muskel in einer Lösung von 0,7 % Kochsalz, aber die Leistungsfähigkeit der Muskeln und Nerven wird durch Kaffeïn gleichzeitig herabgesetzt: das Kaffeïn wirkt demnach nicht ermüdend, sondern analog den übrigen Narcoticis, die auch beide Organe in ihren Lebenseigenschaften gleichzeitig herabsetzen. Das Herz schlug unter der Kaffeïnwirkung meist fort, aber verlangsamt. In Fällen, in denen ich die Prüfung auf Erregbarkeit der Nerven während des Bestehens des Tetanus der Muskeln machte, zeigte sich selbstverständlich eine Erhöhung, die aber im Tetanus selbst nicht in der Anwesenheit des Kaffeïn's

seinen Grund hatte. Nach dem Tetanus zeigte sich Verminderung der Erregbarkeit.

Ich habe sonach bisher noch keinen Stoff von analoger Zusammensetzung wie das Kreatin gefunden, der eine analoge physiologische Wirksamkeit gezeigt hätte. —

Ganz anders verhält es sich mit der Wirkung der Milchsäure.

Wohl bei allen anorganischen und organischen Säuern gelingt es, eine Concentration herauszufinden, in der jede der Milchsäure fast vollkommen analog wirkt. Ich habe untersucht in mannichfachen Concentrationsgraden:

1. Schwefelsäure,
2. Salzsäure,
3. Salpetersäure,
4. Essigsäure,
5. Weinsteinsäure,
6. Oxalsäure,
7. Ameisensäure.

Alle zeigten das übereinstimmende Verhalten, dass sie in bestimmten Verdünnungen eingespritzt — natürlich gemischt mit Lösungen von Natronsalz, meist mit 0,7% Kochsalzlösung — die Erregbarkeit der Nerven erhöhten, während sie die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzten. Sie wirken also ganz wie Milchsäure. Nur in so fern zeigen sie Verschiedenheiten, als der Grad der gleichzeitigen Erhöhung und Herabsetzung der Lebensfunctionen des Nerven und Muskels nicht ganz constant ist.

Während Schwefelsäure und Salzsäure die Leistungsfähigkeit stark herabsetzen, die Erregbarkeit aber verhältnissmässig schwach erhöhen, wirkt Salpetersäure umgekehrt, die Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven ist eine enorme. Das letztere ist auch bei der Ameisensäure der Fall. Die anderen geprüften organischen Säuren wirken der Milchsäure fast vollkommen analog.

Siebzehntes Capitel.

Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf das elektromotorische Verhalten des Muskels.

§ 1.

Leitende Versuchsgedanken.

Wir haben im Capitel XIV die Hemmungsvorrichtung für die Muskelaction, die sich während des Tetanus entwickelt, im Allgemeinen in der Anwesenheit der im Muskel bei der Action sich bildenden Zersetzungsproducte beruhend gefunden.

Im Capitel XV wurde es uns klar, dass nicht alle der im Muskel sich bildenden Stoffe als Hemmungsmittel fungiren können, sie sind dafür nicht alle gleichwerthig.

Als eigentlich ermüdende, die Muskelaction hemmende Stoffe fanden wir unter den im Muskel selbst sich bildenden Stoffen nur: die Milchsäure und das Kreatin.

Dagegen zeigte sich der Zucker ganz wirkungslos auf die gesammten organischen Verrichtungen; nur sehr schwach wirksam das Kreatinin.

Die Kohlensäure sahen wir ihre Wirksamkeit erst ausserhalb des Muskels der Hauptsache nach entfalten.

Im Capitel XVI stellten wir uns die Frage, ob nicht vielleicht noch andere Stoffe, die in dem Organismus selbst als Zersetzungsproducte entstehen, aber an anderen Orten als im Muskel, auch auf das Muskelgewebe einen physiologischen oder pathologischen Einfluss ausüben könnten.

Wir fanden nur das gallensaure Natron als wirksam und zwar noch in weit heftigerer Weise als das die ermüdenden Stoffe waren.

Die anderen untersuchten Stoffe, die theilweise eine bedeutende Einwirkung auf andere Organe des Körpers erkennen liessen, zeigten sich unwirksam in Beziehung auf den Muskel: die Harnsäure und der Harnstoff. Bei der Hippursäure blieb es zweifelhaft, ob sie nicht eine schwache Wirkung zeige auf unser hauptsächlichstes Versuchsobject.

Von den in den Organismus von Aussen eingeführten, aber für ihn und seine chemische Constitution nothwendigen anorganischen Stoffen wurden nur Chlornatrium und Chlorkalium mit noch einigen anderen Kalisalzen untersucht.

Während das eine: Chlornatrium in einer den organischen Flüssigkeiten entsprechenden Verdünnung gar keine alterirenden Wirkungen auf den gesammten Organismus zeigte, ergaben die mit den Kalisalzen angestellten Versuche, dass sie sowohl für den Muskel als die Ganglienzellen ein äusserst heftiges Gift seien. —

Die Untersuchungen über die Wirkung der Zersetzungsproducte des Organismus auf das Nervensystem stehen noch als einzelne Voruntersuchungen da; doch gestatten sie uns schon den Schluss, dass analog wie im Muskel auch in dem gesammten Nervensysteme die Lebenseigenschaften Functionen seiner chemischen Stoffanordnung seien. Wir gehen an diesem Orte nicht weiter auf sie ein, sondern wenden uns schliesslich dem Muskel mit Ausschluss aller weiteren Fragen wieder zu. —

Wir haben das »Ob« in der Frage nach der Hemmungseinrichtung der Action des Muskels in den vorstehenden Untersuchungen entschieden. Es bleibt für unsere Entscheidung noch das »Wie« übrig.

Wie haben wir uns die Wirkung der ermüdenden Stoffe innerhalb des Muskels zu denken?

Unsere bisherigen Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr übrig: dass durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe im Muskel die Richtung der chemischen Zersetzung verändert werde. Das quantitative Verhältniss der sich bildenden Zersetzungsproducte zu einander wird durch den Tetanus ein anderes als es in der Ruhe ist.

Wir sehen, dass durch die Anwesenheit der Zersetzungsproducte im Muskel schliesslich diejenigen Oxydationen oder Spaltungen von Muskelstoffen gänzlich

aufhören, auf welchen die Arbeitsleistung des Muskels beruht: der Muskel hört unter ihrer Einwirkung auf, Arbeit zu leisten.

Wir haben gesehen, dass während des Tetanus die Oxydationsvorgänge im Muskel anfänglich gesteigert seien. Haben die Oxydationsproducte vielleicht die doppelte Aufgabe für den Muskel: anfänglich die Oxydationsvorgänge zu steigern und schliesslich sie ganz zu vernichten? —

Die uns noch restirenden Fragen sind, wie wir auf den ersten Blick sehen, sehr schwieriger Natur. Doch ist es mir gelungen, wenigstens einige Hauptgesichtspuncte für die Wirkungsweise der ermüdenden Stoffe aufzufinden.

Gehen wir sogleich zu den angestellten Versuchen selbst über.

§ 2.

Besprechung der Wahrscheinlichkeit eines Einflusses der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin auf die elektromotorische Kraft des Muskels.

Seit der epochemachenden Entdeckung E. du Bois-Reymond's über die elektromotorische Wirksamkeit der Muskeln und Nerven wissen wir, dass alle chemischen Vorgänge innerhalb der genannten Organe unter dem Einflusse sehr starker elektrischer Ströme vor sich gehen.

Wir können nicht umhin anzunehmen, dass diese elektrischen Ströme, unter welchen die chemischen Stoffumänderungen in Muskel und Nerven stattfinden, auf die Richtung dieser Vorgänge von entscheidendem Einflusse seien.

Wir müssen glauben, dass die grössere oder geringere Stärke des elektrischen Stromes, der im Muskel kreist, nicht ohne Einfluss sein könne auf die Grösse und Richtung der in diesem Organe sich ereignenden Zersetzungen.

Diess waren die Gesichtspuncte, von denen ich geleitet wurde, als ich es unternahm, die ermüdenden Stoffe auf ihre Wirkung auf die elektromotorische Kraft des Muskels zu prüfen.

Von vorn herein scheint mir der Gedanke, dass wir auf Wirkun-

gen der ermüdenden Stoffe auf die Elektricitätsentwickelung des Muskels stossen werden, schon durchaus nicht unwahrscheinlich.

Es ist klar, dass der Bau des Muskels, der, wie E. du Bois-Reymond nachgewiesen hat, aus Massentheilchen besteht, die eine ganz bestimmte, ich möchte sagen, gegliederte Anordnung ihrer elektromotorischen Eigenschaften besitzen, nur so gedacht werden kann, dass der elektromotorischen Massenanordnung eine eben so complicirte chemische Constitution entspreche, welche letztere wohl als die Ursache der ersteren angesehen werden muss.

Verändern sich die chemischen Verhältnisse des Muskels, wie dies im Tetanus, bei Muskelcontraction stattfindet, oder wie wir dies künstlich durch Inprägniren des Muskels mit verschiedenen chemischen Stoffen zu thun im Stande sind, so wird, wie dies E. du Bois-Reymond für den Tetanus, für jede Muskelcontraction nachgewiesen hat, damit nicht nur die Anordnung der chemischen Molecüle, sondern gleichzeitig auch die der elektrischen, was vielleicht ein und dasselbe ist, eine Veränderung erleiden müssen.

Vielleicht hat die von E. du Bois-Reymond nachgewiesene Drehung der elektrischen Molecüle des Muskels bei dem Tetanus — die negative Schwankung des Muskelstromes — ihren Grund in einer durch den Tetanus gesetzten Veränderung in der chemischen Constitution der letzten Muskelelemente.

Der Gedanke scheint an sich nicht zurückzuweisen; aber freilich sieht Jeder, welcher die geringe Einsicht in die chemischen Veränderungen der Muskelsubstanz, die wir bisher noch immer nur besitzen, bedenkt, dass der Nachweis dieser Hypothese eine Aufgabe ist, die unsere jetzigen Kräfte noch weit übersteigt. Der Gesetzmässigkeit und absolut strengen Regelmässigkeit der elektrischen Erscheinungen am Muskel stehen als möglicher Erklärungsgrund einige ungeordnete, unvollkommene Thatsachen der chemischen Analyse gegenüber. So lange es uns nicht gelingen will, auf chemischem Wege den Bau des Muskels ebenso in seine schliesslichen Elemente zu zerlegen, wie diess in den vollendeten Untersuchungen E. du Bois-Reymond's für den elektromotorischen Bau des Muskels definitiv geschehen ist, sind alle unsere Behauptungen der Gleichartigkeit der elektrischen und chemischen Constitution des Muskels keine Erklärungen, sondern höchstens Er-

klärungsversuche, die nur im aller allgemeinsten Sinne Anspruch auf Richtigkeit machen können.

Sprechen wir es aus: über den chemischen Bau der elektrischen Molecüle des Muskels sind wir nicht einmal im Stande Hypothesen aufzustellen.

Trotzdem steht es fest, dass die Muskelelemente durch den Tetanus eine Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung erleiden müssen. Hat ja doch E. du Bois-Reymond zu seiner Entdeckung der negativen Schwankung des Muskelstromes noch die weitere ebenso wichtige, weil vielleicht die ersten Anfänge einer Erklärung gebende Entdeckung hinzugefügt, dass der tetanisirte Muskel sauer reagire, während der geruhte Muskel eine neutrale Reaction erkennen lässt. Zu dieser ersten sicheren Grundlage einer chemischen Physiologie des Muskels haben neuere Untersuchungen und auch die vorstehende Abhandlung weitere Beiträge geliefert, auf die eine spätere Forschung wohl mit vollendeteren Hülfsmitteln, als sie uns heute zu Gebote stehen, wird fortzubauen haben, um zu dem schliesslichen Ziele: der Erkenntniss der chemischen Constitution der elektrischen Molecüle des Muskels zu gelangen.

Ebenso ist es das Verdienst des schon so oft genannten ausgezeichneten Forschers, nachgewiesen zu haben, dass Hand in Hand mit der chemischen Veränderung des Muskels bei seinem Absterben eine Veränderung und zwar eine Schwächung der nach aussen sichtbar werdenden elektromotorischen Kräfte des Muskels eintrete.

In dieser Beobachtung scheint mir mit ziemlicher Bestimmtheit der Beweis zu liegen, dass zu den normalen Zersetzungen des lebenden Muskels, als deren Resultate wir die complicirten Spaltungsproducte der Muskelsubstanz: Kreatin, Zucker, Fett etc. etc. auftreten sehen, der elektrische Muskelstrom das bedingende Moment bilde. Sowie wir denselben verschwinden sehen, sehen wir auch von den oben genannten wesentlich verschiedene Zersetzungsstoffe, die einfach zusammengesetzten Producte der Fäulniss der Eiweissstoffe auftreten. —

So genügt also schon das bis jetzt vorliegende Material, um uns ein oberflächliches Bild von den chemischen Grundlagen der elektromotorischen Kräfte des Muskels und von den Wirkungen der letzteren auf die chemischen Vorgänge zurück zu entwerfen, und ich gehe darum mit einigem Vertrauen über zu diesem schwierigsten und wie Jeder

weiss, der die Bearbeitung dieser Fragen versteht, auch gefährlichsten Theile meiner Untersuchungen, da hier so leicht Täuschungen und Irrthümer an Stelle genauer Versuchsresultate für den sich ergeben können, der nicht wie der Schöpfer dieses Zweiges der Physiologie in dem ausgedehntesten Maasse die hier möglicherweise unterlaufenden Fehlerquellen kennt.

Es muss versucht werden, ob die im Vorstehenden angedeutete Hypothese von dem Zusammenhange der elektromotorischen Wirkungen des Muskels mit seiner chemischen Stoffanordnung vor der Experimentalkritik Stich hält.

Die Frage, die wir vorerst uns zur Beantwortung vorlegen müssen, ist die:

Wird durch das Auftreten der ermüdenden Stoffe im Muskel — durch die künstliche Ermüdung des Muskels — die elektromotorische Wirksamkeit desselben geschwächt resp. ganz vernichtet?

Es ist einleuchtend, dass wir uns hierbei zuerst und vor Allem an die Prüfung einer künstlichen Milchsäureimprägnirung des Muskels im Versuche halten müssen, da wir ja von ihr in aller Sicherheit wissen, dass sie sowohl während der negativen Stromschwankung, wie bei dem endlichen Erlöschen des Muskelstromes im Absterben, als ein neues Moment in der chemischen Zusammensetzung des Muskels sich geltend macht.

§ 3.

Methode.

Die Methode der Prüfung war folgende.

Der Frosch wurde zuerst ganz in der von mir bisher stets angewendeten Weise durch Einspritzung von Milchsäure etc. ermüdet, nachdem ich ihm zuerst ein Hinterbein ohne Blutung abgeschnitten hatte.

War die Ermüdung nach Messungen am Muskelzeiger eine extreme, so wurde zuerst der ermüdete Gastrocnemius auf seinen elektrischen Strom nach der Methode E. du Bois-Reymond's zwischen natürlichem Querschnitt — Achillessehne — und natürlichem Längsschnitt — Muskelkopf — geprüft. An dem Gastrocnemius waren oben und unten Knochenstückchen bei der Zurichtung erhalten geblieben. Mit Hülfe derselben war er in eine du Bois-Reymond'sche Mus-

kelklemme, wie ich sie schon in den Untersuchungen des ersten Capitels verwendete, eingespannt.

Zur Ableitung des Stromes war absolut die gleiche Anordnung getroffen, wie sie im Capitel I. der vorliegenden Untersuchung zur Beobachtung des Leitungswiderstandes des Muskels gedient hatte. Wir erinnern uns noch, dass dort nur desshalb kein Muskelstrom unter den Versuchsbedingungen sich zeigte, weil wir längsgefaserte Muskeln mit gleichweit vom Aequator abstehenden Puncten auflegten auf die auch dort gebrauchten Thonprismen, die nach dem Vorgange E. du Bois-Reymond's an Stelle der prismatischen Hülfsbäusche verwendet wurden.

Es war auf dieselbe, dort nachzusehende einfache Weise ermöglicht, die anfängliche Auflagerungsstellung des Muskels auf die Thonprismen wieder zu finden, auch nachdem man den Muskel von den Thonprismen abgehoben, ja sogar nachdem man ihn für einige Zeit aus den definitiv festgestellten Armen der Muskelklemme herausgenommen hatte.

Stets wurde der Strom von der Rückenfläche des Gastrocnemius abgeleitet.

Es wurde der Gastrocnemius von mir angewendet, da er durch die Beleuchtung, die sein Bau durch E. du Bois-Reymond von neuem erfahren [1]), von neuem wieder seine Stellung unter den anwendbaren Elektromotoren des thierischen Organismus eingenommen hat.

Man kennt nach diesen erschöpfenden Untersuchungen den Gang der elektrischen Ströme in dem genannten Muskel so genau wie in einem regelmässig längsgefaserten und es kann danach, wie ich glaube, das oben beschriebene, zu vergleichenden Untersuchungen an einem und demselben Thiere so sehr einladende Präparat mit Vertrauen wieder angewendet werden, ohne dass wir zu fürchten brauchten, auf unerklärte Unregelmässigkeiten abhängig von seinem verwickelten Faserverlauf zu stossen und dadurch vielleicht zu unrichtigen Schlüssen verleitet zu werden.

Freilich ist die von E. du Bois-Reymond entdeckte parelektronomische Schicht am natürlichen Querschnitt stets noch ein an den beobachteten Verhältnissen am Gastrocnemius Zweifel erregendes Mo-

---

1) Ueber das Gesetz des Muskelstromes mit besonderer Berücksichtigung des M. Gastrocnemius des Frosches; du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv. Jahrgang 1863. Heft 5 u. 6. S. 521—709.

ment und wir werden gezwungen sein, die durch jene gesetzten Bedingungen des Versuches einer eingehenden Würdigung zu unterziehen.

Nach der vorgenommenen Prüfung des ermüdeten Muskels wurde auch der geruhte, vorher wie schon gesagt abgeschnittene und bis zur Untersuchung unter einer feuchten Glocke aufbewahrte Gastrocnemius auf seinen elektrischen Strom geprüft.

Dass die du Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden — Zuleitungsgefässe — angewendet wurden, versteht sich von selbst.

Zur Prüfung diente ein Sauerwald'scher Multiplicator von 31500 Windungen, der, wenn nicht eine directe Angabe darüber gemacht wird, stets in halber Länge seine Anwendung fand noch geschwächt durch die Einschaltung einer Neusilberdraht-Nebenschliessung, wie sie die von Sauerwald gefertigten »Commutatoren« einzuschalten erlauben. Auf diese Weise war der Strom des frischen Gastrocnemius zwischen Muskelkopf und Achillessehne nicht immer im Stande, die Nadel an der Hemmung zu halten, was seinen Grund darin findet, dass mir zur Untersuchung die Rana temporaria diente.

§ 4.

Versuche über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin auf den Muskelstrom.

Gehen wir sogleich zu den angestellten Versuchen selbst über.

Zuerst musste es mich beschäftigen, zu erforschen, in wie weit die Nadelablenkungen des Multiplicators, bei nach der angegebenen Methode so weit möglich gleichmässiger Auflagerung, in Folge der elektromotorischen Wirkung der zwei Gastrocnemien des gleichen Thieres von einander abwichen. Nur wenn sich eine annähernde Uebereinstimmung in den Nadelablenkungen herausstellte, war es ja erlaubt vergleichende Versuche in dem oben erwähnten Sinne anzustellen.

Folgender Versuch wird die beobachteten Verhältnisse nach dieser Richtung zeigen.

Versuch Nr. I.

Wie genau stimmen die constanten Ablenkungen der Multiplicatornadel durch die beiden Gastrocnemien desselben Frosches überein?

Die zwei Gastrocnemien wurden gleichzeitig ausgeschnitten und präparirt.

Es wurde zuerst der eine Gastrocnemius — a — in die Muskelklemme gespannt und geprüft, dann der andere — b — in die Muskelklemme ganz in der gleichen Weise eingezogen. Die Arme der Klemme wurden nicht verrückt.

Stets nachdem die Nadel sich beruhigt hatte, wurde der Muskel in der Klemme von den Thonprismen abgehoben und von neuem aufgelegt.

Nach je 5 Versuchen wurde jeder Muskel aus der Klemme genommen, dann der andere eingezogen und geprüft. Nach 5 Versuchen mit diesem wieder der erste und so fort.

Folgendes ist das directe Versuchsergebniss.

Unter »positivem Ausschlag« verstehe ich hier und ferner die Nadelablenkung im normalen Sinne; unter »negativem Ausschlag« das Gegentheil.

Einziehen in die Muskelklemme:
Nr. I.

	Muskel: a	Muskel: b
	constante Ablenkung von:	
Auflegung Nr. 1	80° positiv	77° positiv
,, Nr. 2	80° ,,	76° ,,
,, Nr. 3	79° ,,	76° ,,
,, Nr. 4	78° ,,	73° ,,
,, Nr. 5	79° ,,	73° ,,

Einziehen in die Muskelklemme:
Nr. II.

	Muskel: a	Muskel: b
	constante Ablenkung von:	
Auflegung Nr. 6	76° positiv	76° positiv
,, Nr. 7	75° ,,	75° ,,
,, Nr. 8	75° ,,	75° ,,
,, Nr. 9	74° ,,	73° ,,
,, Nr. 10	75° ,,	73° ,,

Einziehen in die Muskelklemme:
Nr. III.

	Muskel: a	Muskel: b
	constante Ablenkung von:	
Auflegung Nr. 11	71° positiv	71° positiv
,, Nr. 12	68° ,,	70° ,,
,, Nr. 13	68° ,,	69° ,,
,, Nr. 14	67° ,,	66° ,,
,, Nr. 15	65° ,,	66° ,,

Der Erfolg des Versuches ist befriedigend:

Die constanten Ablenkungen der Multiplicatornadel durch zwei gleich frische Gastrocnemien desselben Frosches zeigen nach der befolgten Methode eine genügend scharfe Uebereinstimmung, um vergleichende Versuche zu gestatten.

Auch die beobachtete Abnahme der Stromstärke während der Dauer der Versuche — 1½ Stunde — zeigt sich als eine für beide Gastrocnemien gleichmässige. Es ergiebt sich dabei schon aus dieser Beobachtung, da wir keine Vermehrung der Stromstärke durch das wiederholte Auflegen des Muskels beobachten, dass wir keine stärkeren parelektronomischen Wirkungen des natürlichen Querschnittes zu fürchten brauchen.

Andere Versuche ergaben ein noch genaueres Uebereinstimmen der Nadelablenkungen unter den beobachteten Versuchsbedingungen. Wir können uns so getrost dieser Methode zu vergleichenden Bestimmungen bedienen.

Ehe wir uns denselben jedoch zuwenden, haben wir vorerst noch zu untersuchen, ob vielleicht, so unwahrscheinlich es auch sein mag, die äusserliche Befeuchtung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen als solche vielleicht eine schwächende — nicht stromentwickelnde — Einwirkung auf die constante Nadelablenkung des Multiplicators von dem betreffenden Muskel aus besitze, um nicht durch eine derartige Wirkung bei den folgenden Versuchen doch etwa getäuscht zu werden.

Versuche Nr. II.

Hat die äusserliche Benetzung der Muskelfläche mit den ermüdenden Substanzen etwa einen schwächenden Einfluss auf die zur Beobachtung kommende Grösse des Muskelstromes?

Die Versuche wurden ganz in der oben dargestellten Weise angestellt. Der Muskel innerhalb der Klemme nach der erstmaligen frischen Prüfung mit der ermüdenden Lösung befeuchtet und dann von neuem geprüft.

Die gewonnenen Resultate stimmen so genau überein, dass ich nur die Mittelwerthe aus je 5 angestellten neuen Auflegungen hier mittheilen werde.

1.

	Constante Ablenkung: im Mittel aus 5 Versuchen.
Frischer Muskel	76° positiv
Nachdem er in der Klemme mit Kreatinlösung befeuchtet wurde	79° ,,

2.

Frischer Muskel	82° ,,
Wie oben mit Kreatinlösung befeuchtet	86° ,,

3.

Frischer Muskel	84° ,,
Mit Milchsäure, verdünnt, benetzt	82° ,,

4.

Frischer Muskel	80° ,,
Mit verdünnter Milchsäure benetzt	80° ,,

5.

Zwei Muskeln desselben Frosches:	
a. frisch	90° ,,
b. nach 5 Minuten langem Liegen in einer Zuckerlösung	90° ,,
Nach 20 Minuten:	
a. frisch	90° ,,
b. lag in der Zuckerlösung	90° ,,

Die mitgetheilten Versuche genügen als Beispiele dafür, dass die oberflächliche Benetzung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen in verdünnter Lösung keinen schwächenden Einfluss an dem im Multiplicator zur Erschcinung kommenden Muskelstrom erkennen lässt.

Somit haben wir uns auch von dieser Seite vor etwaigen Täuschungen sicher gestellt und zugleich erwiesen, dass die Parelektronomie des natürlichen Querschnittes keine Fehlerquelle in die folgenden Versuche einführt. Die Versuche wurden auch im Sommer angestellt, also bei schwacher Entwicklung der Parelektronomie.

Wir können sonach zu den angestellten vergleichenden Versuchen übergehen, von denen ich je einige Beispiele mittheilen werde.

Versuche Nr. III.

Haben die ermüdenden Stoffe bei ihrer Anwesenheit innerhalb des Muskels eine Einwirkung auf die erkennbare Grösse des Muskelstromes?

A.

Versuche mit Milchsäure.

Nr. 1.

Einem mittelgrossen Frosche wurde ein Bein ohne Blutung abgeschnitten und dies unter einer feuchten Glocke aufbewahrt.

Es wurden darauf dem Frosche in die Aorta Milchsäure-Injectionen gemacht mit dem bekannten Erfolge: Herzstillstand, Krämpfe in der gesammten Musculatur.

a. Frischer Muskel constante Ablenkung. (Im Mittel aus 5 Versuchen.)	b. Milchsäuremuskel Ausschlag der Nadel. (Im Mittel aus 5 Versuchen.)
60° positiv.	4—6° positiv.

Nr. 2.

Versuchsbedingungen die gleichen.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung (im Mittel aus 5 Versuchen).	b. Milchsäuremuskel. Ausschlag der Nadel.
60° positiv.	5° positiv.
	10° ,,
	10° ,,
	10° ,,
	4° ,,
	8° ,,
	7° ,,
	12° ,,
	8° ,,

Nr. 3.

Versuchsbedingungen die gleichen. Der frische Muskel zog bei 50 MM. Rollenabstand den Muskelzeiger bis auf 40°; nach der Milchsäureeinspritzung auf 0°, die Muskeln zuckten dabei noch etwas!

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung (im Mittel aus 5 Versuchen).	b. Milchsäuremuskel. Ausschlag der Nadel.
90° positiv hielt die Nadel an der Hemmung.	2° negativ!
	4° ,,
	15° ,,
	4° ,,
	2° ,,

Um zu controliren, ob etwa eine Benetzung der Muskeloberfläche mit der angewendeten Milchsäure das negative Verhalten des Muskel-

stromes erkläre, wurde der frische Muskel mit der Säure äusserlich befeuchtet, die constante Ablenkung blieb ungeschwächt 90^0.

An dem Milchsäuremuskel wurde über der Achillessehne ein so zu sagen »künstlicher« Querschnitt angelegt, von da aus betrug der anfängliche Nadelausschlag 8^0 positiv!, die constante Ablenkung 3^0 positiv!

Bei dem frischen Muskel betrug unter möglichst gleichen Umständen die constante Ablenkung: 90^0 positiv.

Die mitgetheilten Versuchsbeispiele zeigen den abgeleiteten Strom zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Gastrocnemius nicht nur sehr geschwächt, sondern in einem Falle auch schwach negativ geworden in Folge der Milchsäureeinspritzung. Dass es sich hierbei nicht etwa um einfache chemische Ströme durch Verunreinigung der Muskeloberfläche mit Milchsäure handele, zeigt der directe Versuch mit Benetzung des frischen Muskels mit der als ermüdende Flüssigkeit angewendeten verdünnten Milchsäure: 20 gtt. Milchsäure auf 100 CC. 0,7 % Kochsalzlösung.

Ehe wir weiter über dieses Factum sprechen, will ich zuerst auch einige der mit Kreatin gemachten Versuche mittheilen.

B.

Versuche mit Kreatin.

Nr. 1.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger bei 50 MM. Rollenabstand auf 50^0. Nach der Kreatineinspritzung nur noch auf 0^0 — 2^0.

Das Herz steht still, Zuckungen auf die Einspritzung in der gesammten Musculatur des Versuchsfrosches.

a. Frischer Muskel.	b. Kreatinmuskel.
Constante Ablenkung.	Ausschlag der Nadel.
72^0 positiv.	8^0 positiv.
70^0 ,,	7^0 ,,
69^0 ,,	8^0 ,,
68^0 ,,	8^0 ,,
67^0 ,,	8^0 ,,

Von »künstlichen« — selbstverständlich meine ich hier und in der Folge wo ich diese Bezeichnung beim Gastrocnemius anwende, nicht den »künstlichen Querschnitt« du Bois-Reymond's am regelmässig

längsgefaserten Muskeln! — Querschnitt aus ergab der Kreatinmuskel noch 76° Ausschlag der Nadel; der frische Muskel hielt die Nadel an der Hemmung.

Nr. 2.

Frischer Muskel zog bei 50 MM. Abstand der Rollen den Muskelzeiger auf 70°; nach der Kreatineinspritzung auf 0°.

Um etwaige anhaftende Substanzen (Kreatin) von der Muskeloberfläche zu entfernen, wurde der Kreatinmuskel und der geruhte Muskel beide mit 0,7 % Kochsalzlösung abgewaschen und mit ungeleimtem Papiere getrocknet.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kreatinmuskel. Ausschlag der Nadel.
78° positiv.	2° positiv.
72° ,,	1° ,,
71° ,,	0° ,,
70° ,,	0° ,,
68° ,,	0° ,,

Vom »künstlichen« Querschnitte aus gab der frische Muskel 90° positive Ablenkung; der Kreatinmuskel 60° positive.

Nr. 3.

Muskel frisch am Muskelzeiger 38° Ablenkung; nach der Kreatineinspritzung 0°.

Der Frosch ist ganz bewegungslos.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kreatinmuskel. Ausschlag der Nadel.
76° positiv.	6° positiv.
74° ,,	8° ,,
75° ,,	6° ,,
74° ,,	6° ,,
74° ,,	6° ,,

Vom »künstlichen« Querschnitt aus der frische Muskel: 90° positive der Kreatinmuskel: 65° positive constante Ablenkung. —

Wir sehen aus diesen Beispielen, dass in Folge der Anwesenheit des **Kreatin's** ebenso wie in Folge der Anwesenheit der **Milchsäure** im Muskel der nach aussen ableitbare Stromzweig des Muskelstromes zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Gastrocnemius eine bedeutende Schwächung erleidet. In einem

Falle sah ich auch bei Kreatin den Strom negativ werden, ein Versuch der sogleich mitgetheilt werden soll.

Nachdem wir so gezeigt haben, dass der Strom zwischen natürlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt des Gastrocnemius unter der Einwirkung der ermüdenden Stoffe eine sehr bedeutende Schwächung erfährt, müssen wir vor allem Anderen die Frage aufwerfen, ob das künstliche Entfernen der ermüdenden Stoffe aus dem Muskel durch Auswaschen mit 0,7% Kochsalzlösung, von welchem wir wissen, dass es die Leistungsfähigkeit des Muskels wieder herstellt, auch den verschwundenen Muskelstrom wieder hervortreten macht.

Folgende Versuchsbeispiele sollen die beobachteten Verhältnisse auschaulich machen.

Versuche Nr. IV.

Rückkehr des elektrischen Muskelstromes, der durch das Einspritzen der ermüdenden Stoffe verschwunden ist, durch nachträgliches Auswaschen derselben.

Nr. 1.

Einem Frosche wurde das eine Bein ohne Blutung abgeschnitten; das andere mit Kreatin zuerst ganz bewegungslos gemacht, so dass man annehmen konnte, dass der Muskelstrom nun nahezu verschwunden sei. Darauf wurde es mit 0,7 % Kochsalzlösung gewaschen.

Der Muskel zog frisch den Muskelzeiger auf: 40°; nach der Kreatineinspritzung auf: 0°; nach der Kochsalzwaschung wieder auf 15°.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kreatinmuskel mit 0,7 % Kochsalzlösung gewaschen. Constante Ablenkung.
82° positiv.	82° positiv.
81° ,,	80° ,,
82° ,,	79° ,,
80° ,,	80° ,,
80° ,,	80° ,,

Die constanten Ablenkungen der Magnetnadel stimmen vollkommen überein, zum Zeichen, dass eine vollkommene Wiederherstellung des durch Kreatineinspritzung geschwächten Stromes durch nachträgliches Auswaschen des ermüdenden Stoffes erzielt werden kann. —

Versuche wie der folgende zeigen dieses Verhalten des Muskelstromes noch in die Augen springender.

Nr. 2.

Der Frosch wurde mit beiden Beinen auf das Versuchsbrett aufgebunden; dann mit Kreatin ermüdet. Hierauf wurde das eine Bein abgebunden und abgeschnitten, das andere durch Kochsalzwaschung wiederhergestellt; sodann beide auf ihren Muskelstrom geprüft. Der eine Muskel war auf diese Weise in dem Zustande der Ermüdung, in welchem selbstverständlich der andere vor der Kochsalzwaschung auch gewesen war. —

Der Muskel zog frisch den Muskelzeiger auf 55°; nach der Kreatineinspritzung auf 0°; nach der Kochsalzwaschung wieder auf 55° (?). (Die letzte Zahl scheint mir verschrieben in dem Versuchsprotocolle, sie scheint zu hoch.)

a. Kreatinmuskel mit Kochsalzlösung gewaschen. Constante Ablenkung.	b. Kreatinmuskel. Nadelausschlag.
76° positiv.	5° negativ.
76° ,,	5° ,,
75° ,,	5° ,,
75° ,,	4° ,,
76° ,,	5° ,,
74° ,,	nach 5 Minuten:
	30° negativ.
	30° ,,
	30° ,,
	29° ,,
	29° ,,
	nach 15 Minuten:
	5° negativ.
	5° ,,
	4° ,,

Die angestellten Versuche erweisen unweigerlich, dass der Muskelstrom des Gastrocnemius zwischen natürlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt, nachdem er durch die ermüdenden Stoffe verschwunden war, durch Auswaschen derselben wieder in alter Stärke zur Erscheinung gebracht werden könne. —

Es ist klar, dass diesem eben gemachten Ausspruche noch die Meinung entgegengehalten werden könnte, dass vielleicht die Kochsalzwaschung selbst es sei, welche einen auf anderen als den physiologischen Bedingungen im Muskel beruhenden Strom entstehen lasse, sodass

wir nach der Kochsalzwaschung gar nicht mehr den normalen Muskelstrom vor uns hätten, sondern eine aus anderen Ursachen hervorgehende elektromotorische Wirkung.

Es musste experimentell der etwaige Einfluss der Entfernung des Blutes aus den Blutgefässen des Muskels in Folge der Kochsalzwaschung auf ihre Wirkung auf den Muskelstrom geprüft werden.

Es wurden nur drei Versuche nach dieser Richtung angestellt, die mir aber die Frage sicher genug zu entscheiden scheinen. —

Versuche Nr. V.

Hat das Verdrängen des Blutes aus den Blutgefässen des Muskels durch 0,7 % Kochsalzlösung einen Einfluss auf den Muskelstrom?

Nr. 1.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger auf 12°—14°; nach der Kochsalzwaschung auf 25°—27°.

Es ist diess eine der vielen Beobachtungen, dass der Muskel, der sich frisch — wohl durch Anhäufung von Muskelzersetzungsstoffen — in einem Zustande der Schwäche befand, durch das Auswaschen mit der indifferenten Kochsalzlösung in seinen Leistungen eine Steigerung erfahren könne. —

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kochsalzmuskel. Constante Ablenkung.
60° positiv.	74° positiv.
58° ,,	74° ,,
61° ,,	72° ,,
60° ,,	72° ,,
59° ,,	72° ,,

Der Kochsalzmuskel zeigt einen stärkeren elektrischen Strom als der ungewaschene Muskel, wie er auch eine Steigerung seiner Fähigkeit, Gewichte zu heben, durch die Kochsalzwaschung erfahren hat.

Nr. 2.

Der Muskel zog den Muskelzeiger frisch auf 32°; nach der Kochsalzwaschung ebenfalls noch auf 32°.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kochsalzmuskel. Constante Ablenkung.
80° positiv.	82° positiv.
80° ,,	81° ,,
80° ,,	81° ,,
79° ,,	82° ,,
79° ,,	82° ,,

Die constanten Ablenkungen stimmen vollkommen unter einander überein. —

Nr. 3.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger auf 10⁰, mit Kochsalz gewaschen auf 25⁰.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Kochsalzmuskel. Constante Ablenkung.
70° positiv.	78° positiv.
70° ,,	78° ,,
70° ,,	73° ,,
70° ,,	73° ,,
71° ,,	73° ,,

Die Versuchsergebnisse sind deutlich genug:

Bei gut leistungsfähigen Muskeln zeigt sich die Kochsalzwaschung von gar keinem Einfluss auf den Muskelstrom.

Bei schwachen Muskeln (deren Leistungsfähigkeit sie auch durch Entfernen normal angehäufter ermüdender Stoffe hebt) hebt sie, wie es scheint, den Muskelstrom.

Es scheint mir nach diesen Beobachtungen fest zu stehen, dass wir wirklich den durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe verschwundenen Muskelstrom selbst nach dem Auswaschen derselben mit 0,7 % Kochsalzlösung wieder hervortreten sehen.

Es ist danach klar, dass die Fähigkeit der Elektricitäts-Entwickelung des Muskels durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe nicht ganz verschwindet, sondern nur für die Dauer jener Anwesenheit mehr oder weniger latent wird.

Die elektrischen Molecüle scheinen durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe im Muskel eine veränderte Anordnung — chemische Constitution? — zu erhalten, welche scheinbar so weit gehen könne, dass die Stromesrichtung im Muskel eine Umkehr erfährt. —

§ 5.

Experimente zum Ausschluss des Verdachtes, als hätten wir es bei den vorstehend mitgetheilten Versuchen mit einer versteckten Wirkung der parelektronomischen Schichte des natürlichen Querschnittes des Gastrocnemius zu thun.

Wie schon mitgetheilt, wurden die vorstehenden Versuche alle im Sommer angestellt, wo sich die parelektronomische Schicht des natürlichen Querschnittes der Muskeln am wenigsten entwickelt zeigt.

Alle Versuchsresultate sprechen einstimmig dafür, dass wir keiner Parelektronomie als wesentlichem Factor in unseren Beobachtungen begegnen. Die Versuche mit Eintauchen, Befeuchten des natürlichen Querschnittes mit den ermüdenden Flüssigkeiten ergab in den vorstehend mitgetheilten Controlversuchen kein irgend deutliches Ergebniss. Bei den Benetzungen mit Kreatinlösung zeigte sich der Muskelstrom des frischen Muskels etwas gesteigert, aber die Ablenkung durch den Muskelstrom an sich hielt die Multiplicatornadel in so hohen Breiten der Theilung, dass eine solche Beobachtung stets nur mangelhaft ausfallen musste.

Ueberdiess könnte ja auch ein Einfluss der Parelektronomie kaum ein Resultat erzeugen, wie wir es gefunden haben. Man könnte höchstens meinen, dass wir den natürlichen Querschnitt der Muskeln durch die Einspritzung der ermüdenden Stoffe künstlich stärker parelektronomisch gemacht hätten. Ich gestehe dass mich wirklich dieser Gedanke, so unwahrscheinlich er auch sein mag, nach dem Abschluss der vorstehenden Untersuchungen noch verfolgte, und ich beschloss in einer erneuten Versuchsreihe mir diese Zweifel zu zerstreuen. Ehe ich wieder Zeit für diese Versuche fand, war es Winter geworden, die beste Zeit, um über das parelektronomische Verhalten des natürlichen Querschnittes Versuche anzustellen. Die Temperatur sank Nachts auf 0^0 in dem Raum, in welchen ich meine Frösche zu dem Zwecke der höheren Ausbildung der parelektronomischen Schicht aufbewahrte.

Die folgenden Versuche beschränkten sich wegen Mangels an vorräthigem Kreatin auf Milchsäure, beide Stoffe verhalten sich ja vollkommen analog, so dass wir die bei dem einen gefundenen Verhältnissen keck auch auf den anderen Stoff übertragen dürfen.

Der Versuchsplan war folgender. Zuerst wollte ich versuchen, ob

auch die Ströme längsfasriger Muskeln zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt auch eine Schwächung in der Weise erfahren durch die Milchsäureeinspritzung, wie wir es schon bei dem natürlichen Querschnitt erfahren haben. Gelingt der Versuch, so ist damit von vorne herein schon für unsere Darstellung im letztvorausgegangenen Paragraphen entschieden. Es ist dann wirklich eine Einwirkung auf den Muskelstrom selbst gewesen, der wir in den vorstehenden Versuchen begegneten.

Warum wir diesen Versuch nicht schon im ersten Anfange der Untersuchung gemacht haben, findet seine Erklärung darin, dass es dort vor Allem wünschenswerth schien, wenn auch nicht die Stromstärken selbst zu vergleichen, doch die Ablenkungen der Multiplicatornadel möglichst vergleichbar zu machen. Dazu bot sich der in die Muskelklemme eingespannte Gastrocnemius als das einfachste Präparat dar. Dass man eine Vergleichung von nur einiger Genauigkeit an längsgefaserten Muskeln bei Auflegung des künstlichen Querschnittes erzielen sollte, ist so unmöglich, dass ich den Versuch Anfangs gar nicht zu machen wagte. Jetzt, da es sich herausgestellt hat, dass es sich bei den zu beobachtenden Verhältnissen nicht etwa in den meisten Fällen um geringfügige Schwächung, sondern um ein Verschwinden, ja sogar um eine Umkehr der elektromotorischen Wirkungen des Muskels handle, stellt sich die Sache anders. Solche Unterschiede müssen sich auch ganz abgesehen von einer genaueren, ich möchte sagen messenden Methode herausstellen und deutlich erkennen lassen.

Die weiteren noch anzustellenden Versuche sollten sich direct auf die parelektronomische Schicht auf dem natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius beziehen.

Es sollte die unwahrscheinliche Vermuthung zurückgewiesen werden, dass die ermüdenden Stoffe — Milchsäure — vielleicht eine entgegengesetzte Wirkung besitzen als die den gesetzmässigen Strom des natürlichen Querschnitts entwickelnden Stoffe [1]).

Dann sollte schliesslich noch geprüft werden, ob vielleicht das parelektronomische Verhalten des natürlichen Querschnittes des Gastrocnemius unter den Einwirkungen der Milchsäureeinspritzung eine Modification erleide.

---

1) E. du Bois-Reymond, Thierische Elektricität. Bd. II. Abthl. 2. S. 56 ff.

Gehen wir sogleich zu den Versuchen über, und zwar zuerst zu denjenigen, welche am längsgefaserten Muskel am künstlichen Querschnitt und natürlichen Längsschnitt angestellt wurden.

Die Methode war folgende. Dem frischen Frosche wurde ein M. sartorius mit grösster Vorsicht, um denselben nicht zu verletzen, herauspräparirt und dieser dann unter einer feuchten Glocke aufbewahrt. Dem Frosche wurden dann in der uns geläufigen Weise Milchsäure-Injectionen gemacht. Nachdem das Thier annähernd reactionslos geworden war, wurde auch der zweite M. sartorius herausgeschnitten und auf seinen Strom zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt in der bisher gebräuchlichen Weise geprüft. Es wurden nach der Methode du Bois-Reymond's die Zuleitungsgefässe von Zink mit den Papierbäuschen, die mit Thonblättchen gedeckt waren, angewendet. Das Thonblättchen für den Längsschnitt war bis auf seine Kante mit einem Glimmerblättchen zugedeckt. Zwischen die Zuleitungsgefässe war eine auf einem Stativ befestigte, nach vorne zugespitzte Glastafel eingeschoben, auf welcher der nicht an den Bäuschen anliegende Muskelbauch lag. Stets wurde der Strom von der Aussenfläche des Muskels abgeleitet.

Das Uebrige ergeben die beispielsweise mitgetheilten Versuchsprotokolle. Stets wurde der mit Milchsäure injicirte Muskel zuerst geprüft, um etwaige Zeiteinflüsse zu eliminiren.

Versuche I.

Einfluss der **Milchsäure**-Injection auf den Strom der längsgefaserten Muskeln — M. sartorius — zwischen künstlichem und natürlichem Längsschnitt.

Nr. 1.

a. Frischer M. sartorius.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 74° constante Ablenkung.

b. M. sartorius desselben Thieres mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 0° ,, ,,

Nr. 2.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
1. Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . 4° constante Ablenkung.
2. Am halben Multiplicator ohne Nebenschliessung 57° ,, ,,

b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 76° ,, ,,

Nr. 3.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 8° constante Ablenkung.
Am halben Multiplicator ohne Nebenschliessung . 65° ,, ,,
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 75° ,, ,,

Nr. 4.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am ganzen Multiplicator ohne Nebenschliessung — 32000 Windungen — . . . . 0° constante Ablenkung.
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 80° ,, ,,

Nr. 5.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 5° constante Ablenkung.
Am ganzen Multiplicator ohne Nebenschliessung . 45° ,, ,,
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 78° ,, ,,

Nr. 6.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, zuckt noch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 58° constante Ablenkung.
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 77° ,, ,,

Diese Versuche setzen ausser allen Zweifel, dass wir es bei der Einwirkung der ermüdenden Stoffe — **Milchsäure** — wirklich mit einem Verschwinden der elektromotorischen Wirkungen des Muskels zu thun haben.

Auffallend ist es, dass in keinem der angestellten Versuche, deren ich noch eine Reihe mittheilen könnte, eine Stromumkehr beobachtet wurde, wie sie sich doch bei den Versuchen am Gastrocnemius so deutlich gezeigt hatte.

Es muss uns diese Beobachtung den Verdacht erwecken, dass wir es dort vielleicht doch mit Versuchsbedingungen zu thun hatten, die von parelektronomischen Wirkungen des natürlichen Querschnittes nicht ganz frei gewesen sind. Wir werden diess sogleich zu prüfen haben.

Wir gehen, nachdem es uns gelungen ist, die Schwächung oder besser gesagt Vernichtung der elektromotorischen Wirkungen der Muskeln durch die Anwesenheit der Milchsäure in ihnen auch an längsgefaserten Muskeln am künstlichen Querschnitt und natürlichen Längs-

schnitt nachzuweisen, zu den uns noch restirenden Untersuchungen über, welche uns über das Verhalten der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius direct Aufklärung verschaffen sollen. Wir erinnern uns, dass wir die äusserliche Anwendung der Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt zuerst einer Prüfung auf ihre Erfolge auf den Muskelstrom zu unterwerfen haben.

Die Prüfung auf das parelektronomische Verhalten des natürlichen Gastrocnemiusquerschnittes wurde selbstverständlich nach der von E. du Bois-Reymond als die zweckmässigste empfohlenen Methode gemacht[1]. Der in die Muskelklemme eingezogene Gastrocnemius lag fest auf den Thonprismen. Es wurde zuerst sein Strom bei dem Bestehen der elektronomischen Schicht beobachtet. Diese Beobachtung wird durch Anwendung der Thonprismen sehr erleichtert, da sie durchaus keinen entwickelnden Einfluss besitzen. Während der Gastrocnemius den Kreis des Multiplicators schloss, wurde auf den natürlichen Querschnitt die concentrirte Milchsäure aufgepinselt.

Es scheint am zweckmässigsten sogleich dieser Besprechung der Methode einige Versuchsbeispiele folgen zu lassen. Der Multiplicator wurde nicht nur in halber Länge und mit der schon besprochenen Nebenschliessung angewendet. Die parelektronomische Schicht am natürlichen Querschnitt war so stark entwickelt, dass diese Schwächung des Multiplicators für die Versuche genügte.

Versuche II.

Zerstörung der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius durch Milchsäure.

Nr. 1.

Mittelgrosser Frosch, männlich.

Gastrocnemius a.

Frisch bei halbem Multiplicator und Nebenschliessung . 4° posit. const. Ablenk.

Der Muskel wurde, während er den Multiplicatorkreis schloss, auf dem natürlichen Querschnitt mit concentrirter Milchsäure bestrichen.

Die Multiplicatornadel kommt in geringe negative Schwankungen, dann geht sie langsam bis an die positive Hemmung.

Später . . . . 62° ,, ,, ,,

1) Thierische Elektricität. Bd. II. Abth. 2. S. 54 ff.

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 5° posit. const. Ablenk.

Auf dem natürlichen Querschnitt mit Milchsäure bestrichen.

Die Nadel schwankt anfänglich, dann geht sie wie oben langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . 52° ,, ,, ,,

Nr. 2.

Mittelgrosser Frosch, männlich.

Gastrocnemius a.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 2° posit. const. Ablenk.

Es wurde mit einem Pinsel Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt aufgestrichen. Kleiner negativer Ausschlag der Nadel, dann geht sie langsam zur positiven Hemmung.

Später . . . . 60° ,, ,, ,,

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc.. . . . . 4° ,, ,, ,,

Nach dem Aufpinseln der Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt geht die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . 50° ,, ,, ,,

Nr. 3.

Mittelgrosser Frosch, weiblich.

Gastrocnemius a.

Frisch am halben Multiplicator etc. . . . . 10° posit. const. Ablenk.

Nach dem Bestreichen des natürlichen Querschnitts mit Milchsäure ging die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . 70° ,, ,, ,,

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc.. . . . . 10° ,, ,, ,,

Nach Zerstörung der parelektronomischen Schicht am natürlichen Querschnitt ging zuerst die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . 74° ,, ,, ,,

Es scheint mir unnöthig diese Beispiele noch zu häufen. Wir haben an den sechs Beispielen genug, um zu erkennen, dass die Milchsäure nicht etwa, wie wir gefürchtet hatten, eine entgegengesetzte sondern absolut die gleiche Einwirkung auf die parelektronomische Schicht erkennen lasse, wie dies von E. du Bois-Reymond für einige andere organische Säuren beobachtet wurde. Der genannte Forscher lehrt

a. a. O. S. 56, dass nicht nur organische Säuren, wie: Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure sondern auch organische Säuren: Oxalsäure und Essigsäure die parelektronomische Schichte des natürlichen Querschnittes zerstören und dadurch den normalen Musstrom hervortreten machen.

Zu diesen organischen Säuern fügen meine Versuche noch die Milchsäure hinzu.

Es scheint mir diese Beobachtung zugleich eine ältere Bemerkung E. du Bois-Reymond's zu erklären.

A. a. O. S. 84 ff. werden Versuche beschrieben, in denen durch Anlegen eines künstlichen Querschnittes eines Muskels an den natürlichen Querschnitt eines Gastrocnemius nach Verlaufe von einiger Zeit die parelektronomische Schicht zerstört wurde: »Nach einer halben Stunde gab ein Muskel, der ursprünglich etwa + 10° zeigte + 80° Ausschlag«.

Es wird dort die Ansicht ausgesprochen, dass anzunehmen sei, dass eine stromentwickelnde »Flüssigkeit nicht im Innern des Muskels fortbestehe, sondern sich erst am künstlichen Querschnitt in Folge seiner Herstellung und im Laufe der Zeit bilde. Nichts war leichter, als durch den Versuch hierüber ins Klare zu kommen.«

»Von zwei parelektronomischen Gastrocnemien lehnte ich — du Bois-Reymond — den minder parelektronomischen A, der also ursprünglich den grösseren positiven Ausschlag gab, mit seinem natürlichen Querschnitt gegen einen ganz frischen künstlichen Querschnitt, den anderen B gegen einen solchen, der schon seit längerer Zeit hergestellt war. Als ich nach etwa einer Viertelstunde beide Muskeln abermals prüfte, fand ich den Strom von A nur wenig in der Entwickelung vorgeschritten; hingegen der von B war nach dieser kurzen Zeit bereits so hoch entwickelt, wie nur sonst nach längster Frist der Strom eines Muskels, dessen natürlicher Querschnitt einem frischen künstlichen angelegt ist. Es hatte demnach selbstredend der ursprünglich schwächere Strom von B den von A weit hinter sich gelassen in der Entwickelung.«

»Ein alter künstlicher Querschnitt entwickelt also sehr viel stärker als ein frischer, und es kann somit kein Zweifel sein, dass die entwickelnde Flüssigkeit am künstlichen Querschnitt sich erst im Lauf der Zeit bilde etc. etc.«

Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass wir hier vor Allem an eine Wirkung der im Muskel wie bekannt vom Querschnitt aus am raschesten sich bildenden Säuerung der Muskelflüssigkeit, also an eine Wirkung der Milchsäure zum Behufe der Erklärung denken müssen, die wir ja als eine stromentwickelnde Flüssigkeit erkannt haben. Freilich sind andere mit concurrirende Momente bei der erfolgenden Stromentwickelung dann nicht ausgeschlossen. —

Verlassen wir damit diese Reihe von Beobachtungen und wenden uns nun der Frage zu, ob etwa auch die Milchsäure-Injectionen in den Muskel eine nachweisbare Beeinflussung der Parelektronomie des natürlichen Querschnittes erkennen lassen. Die Parelektronomie gehört unter die Lebenseigenschaften des Froschmuskels so gut wie die regelmässigen Ströme zwischen künstlichem Querschnitt und Längsschnitt der längsgefaserten Muskeln. Sie verschwindet mit dem Absterben des Muskels wie jene, und da wir die Meinung vertreten, dass das Verschwinden der gesammten Elektricitäts-Entwickelung des Muskels bei dem Absterben auf einer Anhäufung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure vor allen anderen, beruht, so haben wir allen Grund, auch eine Einwirkung der Einspritzung der Milchsäure in den Muskel auf die Parelektronomie des Muskels zu erwarten. —

Der Modus der Anstellung dieser Versuche ergibt sich nach unseren bisherigen Beobachtungen sehr einfach.

Ein Unterschenkel wurde ohne Blutung abgeschnitten und unter einer feuchten Glocke in seiner Haut aufbewahrt. Dem operirten Frosche wurden sodann in gewöhnlicher Weise Milchsäure-Injectionen (20 gtt. auf 100 CC. Kochsalzlösung von 0,7 % wie bei allen Milchsäure-Injectionen) gemacht. Waren die Muskeln annähernd reactionslos geworden, so wurde der zweite Gastrocnemius präparirt und auf sein elektromotorisches Verhalten geprüft; sodann sein natürlicher Querschnitt nach du Bois-Reymond's Vorgang mit Kreosot bestrichen, um die parelektronomische Schichte zu zerstören. Waren die hiebei sich ergebenden Verhältnisse beobachtet, so wurde der erstabgeschnittene, frische Gastrocnemius ebenfalls ganz in derselben Weise der Prüfung unterzogen. Die Stromableitung war die schon bisher angewendete, ebenso waren alle anderen Versuchsbedingungen den bisher beschriebenen gleich.

Gehen wir sogleich zur Darlegung einiger Versuchsbeispiele.

Versuche III.

Einwirkung der Milchsäure-Injection in den Muskel auf die parelektronomische Schichte des natürlichen Querschnittes.

Nr. 1.

Gastrocnemius a.

Der mit Milchsäure injicirte Muskel am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . . — 3° constante Ablenkung.

Nach der Zerstörung der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt mit Kreosot . . . . + 10° ,, ,,

Gastrocnemius b.

Frischer Muskel am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . 0° ,, ,,

Nach der Zerstörung der parel. Schicht mit Kreosot. + 60° ,, ,,

Nr. 2.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . 0° constante Ablenkung.

Am ganzen (Nerven-) Multiplicator . . . . . . — 4° ,, ,,

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am Nervenmultiplicator . . . . — 4°! ,, ,,

Gastrocnemius b.

Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung + 5° ,, ,,

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . + 70° ,, ,,

Nr. 3.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . — 10° constante Ablenkung.

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, Multiplicator wie oben . . . . + 2° zu 0° ,, ,,

Am Nervenmultiplicator . . . . + 6° Ausschlag.

Es wurde beobachtet, dass der Nervenstrom noch spurweise regelmässig vorhanden war. Er ergab am Nervenmultiplicator . . . . + 15° ,,

Gastrocnemius b.

Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung + 44° constante Ablenkung.

Nach der Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, der Multiplicator wie oben . . . . + 78° ,, ,,

Nr. 4.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . — 29° constante Ablenkung.

Nach der Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, Multiplicator wie oben	0°	constante	Ablenkung.
Am Nervenmultiplicator	— 3°	,,	,,
Gastrocnemius b.			
Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung	+ 12°	,,	,,
Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . .	+ 70°	,,	,,

Die hier beispielsweise mitgetheilten Versuche zeigen sehr deutlich, dass wir uns in unserer Voraussetzung, dass die Milchsäureinjectionen in den Muskel von vernichtendem Einfluss auf die Parelektronomie des natürlichen Querschnittes sein würden, nicht getäuscht haben; dass wir hier also wirklich künstlich das Verschwinden der Parelektronomie der Muskeln, wie es bei dem mit Milchsäureanhäufung im Muskel verbundenen Absterben desselben eintritt, hervorzubringen im Stande waren. Am besten zeigen diess die Versuche Nr. 1 und Nr. 2.

Die vorstehenden Versuche zeigen aber noch etwas Anderes kaum weniger Wichtiges. Sie liefern nämlich den Beweis, dass das parelektronomische Verhalten der Muskeln am natürlichen Querschnitt, obwohl es durch die vernichtenden Einflüsse für die gesetzmässige Elektricitäts-Entwickelung der Muskeln ebenfalls vernichtet werden kann, doch eine grössere Widerstandskraft als jenes den vernichtenden Einflüssen gegenüber besitzt. Wir sehen die ungesetzmässige elektromotorische Wirksamkeit des natürlichen Querschnittes noch fortbestehen, während der Versuch beweist, dass das normale elektromotorische Verhalten des Muskels schon vollkommen oder wenigstens nahezu verschwunden ist, Versuche Nr. 3 und Nr. 4. — Nach einer brieflichen Mittheilung des Herrn Professor E. du Bois-Reymond kann man sich die Umkehr des Stromes des Gastrocnemius, welche öfter durch die Milchsäureinjection bewirkt wird, vielleicht so vorstellen, als gelange die Säure nur langsam und unvollständig zur Wirkung auf die äussersten Molekeln der Bündel, von denen die parelektronomischen Effecte ausgehen; in der That sind diese Molekeln der Wirkung des Blutes doch nur von einer Seite preisgegeben.

Die beiden obengenannten Versuchsbeispiele lassen, wie es scheint, die parelektronomische Wirkung rein hervortreten, da sich die Nadelablenkung am Multiplicator, die am frischen Muskel eine noch schwach positive war, nach der Milchsäureinjection in eine negative verwandelt hatte die ihren Grund einzig und allein der Parelektro-

nomie des Muskels verdankte, da sie ja auf Bestreichen des natürlichen Querschnittes mit der den gesetzmässigen Strom entwickelnden Flüssigkeit — Kreosot — verschwand, ohne dass dadurch ein irgend erheblicher Strom im regulären Sinne sich gezeigt hätte.

Diese Beobachtung räth uns zur äussersten Vorsicht bei Beurtheilung von Beobachtungen, wie wir sie schon früher gemacht haben, in denen sich der Strom des Gastrocnemius durch irgend eine Ursache z. B. Milchsäure- oder Kreatininjection negativ geworden zeigt. Man darf diess durchaus nicht auf ein Negativwerden des gesetzmässigen Muskelstromes direct und ohne Einschränkung beziehen, wie wir dazu die Neigung bei unseren ersten Versuchen über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf den Muskelstrom besassen.

Unter den Versuchen mit Milchsäure ist Nr. 3 der einzige gewesen während der Versuche im Sommer, an welchem ein Negativwerden des Stromes durch die Milchsäureinjection beobachtet wurde. Nachdem der Gastrocnemius quer durchschnitten war, zeigte sich der Strom desselben von diesem so zu sagen »künstlichen« Querschnitte aus noch schwach positiv zum Beweise, das wir es auch dort mit Wirkungen der freilich sehr schwach entwickelten parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitte zu thun hatten, die noch fortbestand als der normale Muskelstrom schon fast vollständig vernichtet war. Es gibt uns dieser Versuch gleichzeitig einen Einblick in die Stärke der Entwickelung der parelektronomischen Schichte an den Muskeln, an welchen während des Sommers experimentirt wurde ohne nähere Berücksichtigung dieser wichtigen Quelle von Fehlern und Täuschungen. Wir sehen wie schwach sie entwickelt gewesen sein müsse, da der Ausschlag, nicht etwa die constante Ablenkung der Multiplicatornadel im höchsten Falle — 15⁰ betrug! bei dem Kreatinversuch Nr. 2, der unter den Versuchen sich findet, die zum Beweise der Rückkehr des durch Kreatineinspritzung verschwundenen Stromes durch nachträgliches Auswaschen mit Kochsalzlösung von 0,7% angestellt wurden, beträgt der Nadelausschlag — 30⁰.

Im Gegensatz zu diesen Versuchen, die eine sehr geringe Entwikkelung der parelektronomischen Schicht auch in diesen extremsten Fällen, die beobachtet wurden, zeigen, ergab sich unter den gleichen Umständen im Winter bei dem letztmitgetheilten Versuch Nr. 4 eine constante Ablenkung von — 29⁰ ein Ausschlag von — 67⁰!

So gibt uns auch diese Betrachtung die Gewissheit, dass wir in den ersten Versuchen im Sommer sehr schwach parelektronomisch wirksame Muskeln vor uns gehabt haben, ein Beweis, der uns freilich jetzt, da wir wissen, dass das parelektronomische Verhalten der Muskeln unsere Versuche in keiner Weise anders als höchstens in dem Vortäuschen einer negativen Wirksamkeit derselben beeinflusst haben könnte, weniger mehr interessirt als zu der Zeit, da wir fürchteten, dass vielleicht die ganze beobachtete Veränderung in der elektronomischen Kraft der Muskeln unter dem Einflusse der Injection der ermüdenden Stoffe auf versteckten Wirkungen unerkannter Parelektronomie beruhen könnte.

Wir haben, wie wir uns erinnern, in diesem Paragraphen anfänglich aus dem Verhalten des künstlichen Querschnittes gegen den natürlichen Längsschnitt am M. sartorius schon die Vermuthung geschöpft, dass das Negativwerden des Muskelstromes unter dem Einflusse der ermüdenden Stoffe vielleicht einzig und allein auf dem Wirksamwerden der parelektronomischen Schicht beruhen könnte, da es uns nicht gelang, dieses Negativwerden auch bei dem Strome zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt zu beobachten. Die letztmitgetheilten Versuche scheinen aber trotzdem, dass sie bestätigen, dass jedenfalls der grösste Theil dieses Negativwerdens nur Wirkung der Parelektronomie sei, doch auch die Meinung zu rechtfertigen, dass der Muskelstrom selbst negativ, wenn auch immer schwach, wirksam werden könnte. In den Versuchen Nr. 2 und Nr. 4 sehen wir nach der Zerstörung der parelektronomischen Schicht — in Nr. 2 war sie schon vollständig durch die Milchsäure-Injection zerstört — noch eine spurweise negative Wirkung des injicirten Muskels. Diess scheint mir mit Sicherheit dafür zu sprechen, dass wir wirklich bei extremen Fällen einer wahren Umkehr des Muskelstromes begegnen können. —

Es wurden auch Versuche angestellt, in denen die parelektronomische Schicht, so weit sie noch vorhanden war nach der Injection verdünnter Milchsäure, durch Bestreichen des natürlichen Querschnittes am Gastrocnemius mit concentrirter Milchsäure zerstört wurde, sie zeigte sich hiebei noch ebenso wirksam wie an frischen Muskeln, was zu erwarten war.

Der eine Gastrocnemius hatte frisch + 2° Ablenkung gegeben, nach dem Bestreichen des Querschnittes mit Milchsäure + 44°.

Der andere mit Milchsäure injicirte Gastrocnemius ergab Anfangs

0⁰ Ausschlag und Ablenkung, nach dem Bestreichen des natürlichen Querschnittes mit Milchsäure $+ 8^0$. Bestreichen mit concentrirter Kalilauge verstärkte den Strom nicht weiter, die Ablenkung blieb $+ 8^0$. Es ist diess der einzige angestellte directe Versuch zum Beweis, dass die Milchsäure die parelektronomische Schicht vollkommen zu zerstören vermag, was freilich auch die anderen, besonders die Versuche mit Milchsäure-Injection ebenfalls beweisen.

Das Verhalten des Nerven gegenüber den ermüdenden Stoffen habe ich principiell vorerst aus dem Kreis meiner Betrachtungen ausgeschlossen; wo ich Beobachtungen darüber gemacht habe, bin ich durch Zufall beinahe, wenigstens ganz beiläufig darauf geführt worden, da ich beabsichtige, in einer folgenden Untersuchung mein besonderes Augenmerk auf die dort auftretenden Verhältnisse zu richten.

Trotzdem habe ich zwei Beobachtungen über das Verhalten des Nervenstromes unter der Einwirkung der ermüdenden Stoffe zur vorläufigen Orientirung gemacht.

Die Nerven zeigten stets ein etwas verändertes Aussehen nach der Milchsäure-Einspritzung. Die regelmässige »Bänderung« war wenig sichtbar und sie schienen etwas weniger biegsam, steifer geworden. Nichtsdestoweniger zeigten sie in beiden Beobachtungen noch einen regulären Strom. Im einen Fall — Nr. 3 oben — war er freilich nur gering $+ 15^0$ — $+ 20^0$ Ausschlag am Nervenmultiplicator, im anderen Falle aber war in einem Versuche, den ich bisher noch nicht mitgetheilt habe, die constante Ablenkung von dem mit Milchsäure injicirten parelektronomischen Gastrocnemius $- 42^0$ gewesen, die sich nach der Zerstörung der parelektronomischen Schicht bis auf $- 4^0$ gemindert hatte, hingegen trotz dieses extremen Veränderungszustandes des Muskelstromes noch der Nervenstrom nicht nur in regelmässiger Weise vorhanden, sondern er führte die Nadel des Nervenmultiplicators noch beinahe gegen die Hemmung!

Es scheint mir diese Beobachtung, obwohl sie freilich noch sehr der Bestätigung bedarf, darauf hinzudeuten, dass der Nervenstrom analog dem Verhalten der Nervenerregbarkeit — cfr. Capitel XV — sich verschieden verhalte von dem Muskelstrom in Beziehung auf seine Reaction gegen die ermüdenden Stoffe speciell die Milchsäure. —

Damit beschliesse ich die Darstellung der Experimentalresultate über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf die elektromo-

torische Kraft der Muskeln. Es wird uns später noch obliegen, auch die Wirkung der anderen von uns bisher neben den ermüdenden Stoffen betrachteten chemischen Körper auf den Muskelstrom zu untersuchen. Vorläufig sehen wir davon ab und wenden uns vorerst zur theoretischen Betrachtung der gewonnenen Resultate. —

Es wurde im Anfange dieser Betrachtungen über das Verhalten des Muskelstromes die Meinung ausgesprochen, dass den von E. du Bois-Reymond entdeckten elektromotorischen Molecülen des Muskels complicirt gebaute »chemische Molecüle« entsprechen möchten, auf deren eigenthümlicher Stoffanordnung die normale Elektricitäts-Entwickelung des lebenden Muskels beruhe.

Es wurde schon dort hervorgehoben, dass wir bei dem Standpunct unserer jetzigen Kenntnisse Nichts über den näheren Bau solcher »chemischer Molecüle« auszusagen im Stande wären, wir vermögen nicht einmal eine Hypothese darüber aufzustellen. Nur so viel steht fest, dass dieselben eine analoge Gliederung in ihrer Constitution besitzen müssen, wie diess für die elektrischen Molecüle so sicher nachgewiesen worden ist.

Wir können nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse eine Einwirkung auf ihre Zusammensetzung nur dadurch versuchen, dass wir den Gesammtchemismus des Muskels verändern, wie wir diess durch die künstliche Imprägnirung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen gethan haben.

Wir haben gefunden, dass mit der Anwesenheit der genannten Stoffe im Muskelinnern sich die Wirkung der elektrischen Molecüle nach Aussen wesentlich geschwächt zeige; dass sie nicht ganz vernichtet, sondern nur latent geworden sei, zeigt der Gegenversuch, dass wir durch Entfernung dieser Stoffe aus dem Muskel sein normales elektromotorisches Verhalten in alter Stärke wieder hervortreten lassen können.

Es leuchtet Jedem, der dem Gang der Untersuchungen bisher gefolgt ist, sogleich ein, in welch innige Beziehung diese Beobachtung auf die ungezwungenste Weise mit den Thatsachen über das Verhalten des Muskelstromes unter den veränderten physiologischen Bedingungen — Ruhe, Tetanus, Todtenstarre — zu setzen sei, welches von E. du Bois-Reymond in so glänzender Weise eruirt worden ist, wenn wir gleichzeitig die Entdeckung desselben Forschers über das Sauerwerden der Muskeln bei dem Tetanus, über die neutrale Reaction der

Muskeln während der Ruhe im Leben, und das Auftreten der Säure bei dem Absterben der Muskeln bedenken, vereinigt mit den gleich wichtigen Beobachtungen über die Vermehrung des Kreatin's bei der Muskelaction von J. von Liebig und Sarokow.

Es ergibt sich aus diesem Zusammenhalt, dass der Muskelstrom am stärksten sei, wenn keine freie Milchsäure im Muskel sich vorfindet, also in der Ruhe, wo auch der Kreatingehalt des Muskels am geringsten sich zeigt.

Dann weiter, dass der Muskelstrom verschwinde, wenn eine vollständige Säuerung der Muskelflüssigkeit, wie bei dem vollkommenen Absterben, eingetreten ist, und drittens:

Dass im Tetanus, der mit Milchsäureproduction im geringeren Maasse als das Absterben des Muskels verbunden ist und gleichzeitig mit einer Anhäufung von Kreatin, der nach aussen ableitbare Stromarm des wahren Muskelstromes sich sehr geschwächt zeige.

Alle diese drei Modificationen in dem Verhalten des Muskelstromes liessen sich voraussagen nach unseren künstlichen Imprägnirungsversuchen der Muskeln mit denselben genannten, ermüdenden Stoffen.

Auch das Verschwinden der Wirkung des Tetanus mit dem Nachlassen desselben lässt sich einfach mit dieser Annahme vereinigen, da wir ja wissen, dass der Muskel in sich die Bedingungen enthält, die ermüdenden Stoffe in ihrer Wirkung sehr rasch zu beschränken, ja bis zu einem gewissen Grad dieselbe wieder vollkommen verschwinden zu machen, theils durch Neutralisirung durch Lymphe und Blut und Wegschaffung der Säure, theils durch Verwandlung des ermüdenden Kreatin's in für den Muskel fast ganz indifferentes Kreatinin, das sich sicher auch mit an der Neutralisirung des Muskelsaftes betheiligt. Schliesslich, nach lange fortgesetztem Tetanus, sehen wir aber die Säure im Muskelsaft constant werden und auch eine definitive Vermehrung des Kreatin's. Der Effect, den diese Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Muskels durch fortgesetzten Tetanus besitzen muss, kann nach unseren Beobachtungen kein anderer sein, als dass der Muskelstrom eine Schwächung, vielleicht seine gänzliche Vernichtung erleidet. Diese Annahme findet sich durch die Beobachtungen E. du Bois-Reymond's über die Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom vollkommen bestätigt.

A. a. O. S. 157 wird über diese Nachwirkungen auf den Muskel-

strom, der vom natürlichen Längsschnitt und künstlichen Querschnitt aus abgeleitet wurde, um einem Verdacht der Wirkung der parelektronomischen Schicht zu entgehen, gehandelt. Es heisst dort wörtlich:

— — »Die Muskeln (wurden) nicht von den Nerven aus, sondern unmittelbar durch den Strom bis zur Erschöpfung tetanisirt. Der Muskelstrom erscheint dann ausserordentlich geschwächt, wie es denn durch fortgesetztes Tetanisiren gelingt, ihn gänzlich zu vernichten. Untersucht man aber die Muskeln vom Augenblick ab, wo der Tetanus aufhörte, in regelmässigen Zeiträumen, so findet man, dass der Strom erst zunimmt, um sich dann erst wieder dauernd zu senken; eine Erscheinung, die nur auf die Nachwirkung gedeutet werden kann. — — Die oben S. 155 (a. a. O.) erwähnte Frage nach der wahren Bedeutung der Nachwirkung, ob sie beruhe auf einer Verminderung der elektromotorischen Kraft des Muskels mit Ausschluss der parelektronomischen Schicht, oder auf einer vorübergehenden Erhöhung der Kraft dieser Schicht allein, ist somit zu Gunsten der ersten Ansicht zu entscheiden. Die Nachwirkung ist die stetige schwache Fortsetzung der flüchtigen negativen Schwankung, die die Zusammenziehung begleitet.«

Diese Beschreibung der Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom ist vollkommen so, wie wir sie nach unserer Annahme erwarten mussten. Das Wiederanschwellen der Stromstärke bezieht sich auf das Wirksamwerden der besprochenen, wiederherstellenden Momente im Muskel, die aber, wenn einmal die chemischen Veränderungen im Muskel einen höheren Grad durch den fortgesetzten Tetanus erreicht haben, nicht mehr ausreichen, um alle Wirkungen einer solchen wieder verschwinden zu machen. —

So scheinen sich also unsere Beobachtungen über den Einfluss der ermüdenden Stoffe in eine leichte ungezwungene Vereinigung mit den bisher bekannten Thatsachen bringen zu lassen, dieselben finden durch sie eine wenigstens theilweise Erklärung.

Das eben gebrauchte Wort »Erklärung« wünsche ich aber nicht missverstanden zu sehen. Ich behaupte nochmals, wie ich es schon bisher gethan habe, dass wir durch meine Beobachtungen nicht im Stande sind, irgend einen anderweitigen Einblick in die inneren Gründe der Elektricitätsentwickelung des Muskels und ihre von du Bois-Reymond entdeckten Gesetze zu thun als den, dass diese zu ihrem Zustan-

dekommen eine Intactheit der normalen chemischen Zusammensetzung des Muskels erheischen; dass eine wesentliche Veränderung in jener, auch diese wesentlichste aller Lebenseigenschaften des Muskels vernichtet oder wenigstens herabsetzt.

Ein Einblick in die Zusammensetzung der von mir supponirten mit den elektrischen Molecülen du Bois-Reymond's identischen chemischen Molecüle des Muskels ist dadurch noch in keiner Weise gewonnen. Die Identität in den Wirkungen einer so starken Säure wie die Milchsäure und des Kreatin's, das sich, da es ja in das stark basische Kreatinin so leicht übergehen kann, direct an die basischen Körper anschliesst, zeigt, wie sehr wir uns hüten müssen, auf eine, ich möchte fast sagen, rohe Weise chemisch uns das Zustandekommen und und Verschwinden des elektrischen Muskelstromes zu erklären. Die folgenden weiteren Beobachtungen werden dafür noch eine Reihe anderer Anhaltepuncte bringen.

Die du Bois-Reymond'sche Molecularhypothese ist die einzige Richtschnur, die wir für die Beurtheilung der elektromotorischen Wirkungen des Muskels besitzen. Meine Beobachtungen zeigen aber, wie innig die normale Anordnung der elektrischen Molecüle mit der normalen chemischen Stoffanordnung des Muskels verknüpft ist. —

An dieser Stelle darf ich nicht versäumen, einen Einwand noch zu besprechen, welcher gegen meine Deutung der Wirkungsweise der ermüdenden Stoffe auf den Muskelstrom gemacht werden könnte.

Meine Versuche über die Wirkung der Einspritzung von Substanzen in den Muskel auf dessen elektromotorisches Verhalten sind nicht die ersten, welche in dieser Richtung angestellt wurden. Die Priorität des Gedankens gehört E. du Bois-Reymond. De Fibrae muscularis Reactione etc. S. 42. 43. beschreibt der genannte Forscher Zuckerwasserausspritzungen des Muskels und die dabei gemachte Beobachtung, dass die Zuckermuskeln etwas stärker elektromotorisch wirken als nicht ausgespritzte: vielleicht, weil das Zuckerwasser in Bezug auf die elektromotorischen Molekeln eine Nebenschliessung von geringerem Widerstande darstellt als das Blut!

Man könnte vielleicht daran denken, dass ich analogen Wirkungen, vielleicht nur entgegengesetzten, ohne sie zu erkennen, in meinen Versuchen begegnet wäre. Es scheint mir dies nicht der Fall zu sein.

Meine Versuche lehren S. 35—46 nicht nur, dass der Muskelwi-

derstand, der Widerstand der Muskelflüssigkeit durch das Absterben des Muskels bis auf $1/3$ des anfänglichen Werthes abnimmt, sondern auch dass diese Abnahme des Widerstandes auf dem Sauerwerden des Muskelsaftes vorzüglich beruhe. Sie zeigen weiter, dass ein minimaler Milchsäurezusatz zu der 0,5 % der 0,7 % Kochsalzlösung schon hinreicht, ihren Widerstand bedeutend herabzusetzen.

Diese Beobachtungen scheinen schon allein im Stande zu sein, zu beweisen, dass die Wirkung der Milchsäure nicht etwa auf einer Vermehrung des Widerstandes der Nebenschliessung zu den elektromotorischen Molekeln im Muskel beruhen könne. In einer Zeit, in welcher der Widerstand der Muskelflüssigkeit weit geringer ist, als zur Zeit der höchsten Leistungsfähigkeit — während der Todtenstarre und während des Zustandes der Contraction des Muskels — zeigt sich die elektromotorische Wirkung des Muskels in hohem Grade vermindert. Der Widerstand der Nebenschliessung zu den elektrischen Molekeln hat hier demnach abgenommen und doch zeigt sich der durch jene abgeleitete Stromarm geringer an Intensität. Es scheint mir keine Frage zu sein, dass diese Wirkung darauf beruht, dass die Erfolge der Verminderung der Widerstände in der Nebenschliessung nicht nur auf-, sondern überwogen werden im betreffenden Falle durch die Schwächung der elektromotorischen Kraft des Muskels selbst, welche unter den genannten Umständen eintritt.

Der directe Versuch beweist nicht nur die Möglichkeit, sondern die Wirklichkeit dieser Annahme. Die Einspritzung von Kochsalzlösung von 0,7 % oder 0,5 % hat keine schwächende, sondern in manchen Fällen analog der Zuckereinspritzung eine stärkende Wirkung auf den elektrischen Muskelstrom. Fügt man dieser selben Kochsalzlösung eine geringe Menge von Milchsäure zu: durch welche — cfr. S. 40 f. — der Widerstand der Kochsalzlösung abnimmt, so wirkt sie nicht mehr indifferent oder stärkend, sondern schwächend, ja vernichtend auf den Muskelstrom ein.

Die Wirkung der Milchsäure, natürlich ebenso des Kreatin's und der anderen wirksamen Stoffe: Gallensaures Natron und Kalisalze, die ja alle das Leitungsvermögen der Kochsalzlösung nicht herabsetzten, sondern besserten, beruht nicht auf einer Veränderung des Widerstandes in der Nebenschliessung zu den elektrischen Molekeln des Muskels. Man müsste, um daran zu denken, annehmen,

dass gleichsinnige Veränderungen in dem Leitungswiderstande Wirkungen in verschiedenem Sinne hervorbringen könnten.

Es scheint noch wünschenswerth, um alle Zweifel zu heben, directe Zahlenangaben über den Leitungswiderstand des Blutes, verglichen mit dem der eingespritzten Flüssigkeiten, machen zu können. Ich habe einige Versuche darüber gemacht, ganz in der S. 39 ff. beschriebenen Weise, die sich leicht zu einer quantitativen Messungsmethode umwandeln lässt. Die Röhrchen wurden dazu kalibrirt, der Widerstand der Thonpfröpfe jedesmal direct bestimmt.

In folgender Tabelle stelle ich die von mir gewonnenen absoluten Zahlenangaben über Leitungswiderstände zusammen als Nachtrag zu dem Capitel I dieser Untersuchung.

Absolute Widerstandsbestimmung
der Kochsalzlösung von 0,7 %.

A. Dimensionen der Messröhre:

Länge = ... 37,1 MM.
Durchmesser = ... 11,1 ,,
Radius = ... 5,55 ,,
Querschnitt = ... 96,447 □MM.

B. Directe Messungen.

Temperatur: 12° C.
Widerstand der Elektroden mit den Thonpfröpfen — cfr. S. 21 f. —:
1) Länge: a = ... 189,5
2) ,, b = ... 10,5
Widerstand der 0,7 % Kochsalzlösung mit den Elektroden:
1) Länge: a = ... 170,2
2) ,, b = ... 29,8

Daraus berechnet sich:
Widerstand der Elektroden = ... 274,3 Siemens'sche Einheiten
,, ,, Lösung mit Elektroden = 866,7 ,, ,,
Widerstand der Lösung allein = . . . 592,4 ,, ,,

$$\frac{0{,}0371}{96{,}45} : 592{,}42 = 1 : x$$

$$x = 2108400 \text{ Siemens'sche Einheiten.}$$

Der Widerstand der 0,7 % Kochsalzlösung beträgt in runder Summe 2110000 Siemens'sche Einheiten.

Zusammenstellung
der gefundenen
absoluten Widerstände.
Temperatur 12°—15° C.

1. Frosch:			
Muskel lebend	4369000	Siemens'sche	Einheiten.
Muskel todt (nach 24 hor.)	1516000	,,	,,
Blut lebend	4546000	,,	,,
Blut todt (nach 24 hor.)	4091000	,,	,,
2. Kaninchen:			
Muskel lebend	3150080	,,	,,
Muskel todt (nach 24 hor.)	1680000	,,	,,
Rückenmark frisch	3780000	,,	,,
3. 0,7 % Lösung von Chlornatrium:			
Die reine Lösung	2110000	,,	,,
Die Lösung mit Milchsäure (100 CC. Lösung + 20 gtt. Milchsäure)	1969000	,,	,,
4. Destillirtes Wasser:			
(100 CC. + 20 gtt. Milchsäure)	12496000	,,	,,

Merkwürdig ist die Beobachtung, dass der Widerstand des Blutes sich ebensowenig von dem der anderen Gewebe des thierischen Körpers unterscheidet, wie diese unter sich. Es beweist diese Beobachtung gleichzeitig, dass die nach den beiden verschiedenen angewendeten Methoden gefundenen Zahlenangaben gut vergleichbar sind.

Dann zeigt das Blut bei dem Absterben analog dem Muskel ebenfalls eine Abnahme des Leitungswiderstandes, die sich aber in weit engeren Grenzen als jene bewegt. Doch ist diess der erste Beweis dafür, dass auch das Absterben des Blutes mit einer Neubildung von gutleitenden Substanzen aus den Blutbestandtheilen verknüpft sei. Diese Beobachtung muss ebenso zum Ausgangspunct einer physiologischen Untersuchung dienen wie die analoge am Muskel. —

Hiermit verlasse ich die Beobachtungen des Einflusses der ermüdenden Substanzen auf den Muskelstrom, nachdem ich nachgewiesen habe, dass, abgesehen von allen Deutungen, eine auffallende Veränderung in seiner Erscheinungsweise am Multiplicator und zwar eine Schwächung unter der Einwirkung der **Milchsäure** und des **Kreatin's** erfolgt, Hand in Hand gehend mit der durch die gleichen Stoffe herbeigeführten Sistirung der Muskelleistungsfähigkeit. Und wei-

ter, dass die durch die ermüdenden Stoffe gesetzten Veränderungen in die Erscheinungsweise des Stromes ebenso durch Entfernen der genannten Stoffe aus dem Muskel wieder zum Verschwinden gebracht und die normalen Verhältnisse wieder hergestellt werden können, wie auf dieselbe Weise auch nach der künstlichen Ermüdung die Erholung des Muskels in Beziehung auf seine Leistungsfähigkeit zu erzielen ist.

§ 6.

Prüfung einiger weiterer Zersetzungsproducte des Organismus auf ihre Einwirkung auf den Muskelstrom.

Es bleiben uns nun noch folgende Stoffe auf ihre Einwirkung auf den Muskelstrom zu prüfen übrig:

1) diejenigen, welche keine schwächende Wirkung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels zeigten;

2) diejenigen, welche die Leistungsfähigkeit des Muskels definitiv vernichten.

Aus der Reihe der ersteren Stoffe wurden geprüft:

1. Harnstoff,
2. Milchzucker,
3. Rohrzucker,
4. Traubenzucker.

Es muss hervorgehoben werden, dass alle folgenden Versuche im Sommer mit denen im § 4 dieses Capitels beschriebenen angestellt wurden. Es wurde das parelektronomische Verhalten der Muskeln dabei nicht näher berücksichtigt.

Alle Prüfungen hatten den gleichen Erfolg:

Die für die Leistungsfähigkeit des Muskels indifferenten, unter Umständen diese sogar hebenden Stoffe zeigen keine vermindernde Einwirkung auf den Muskelstrom. Unter günstigen Umständen zeigen sie sogar eine schwache Erhöhung der Stromstärke[1]).

Aus der zweiten Reihe der Stoffe wurden geprüft:

---

1) Cfr. E. du Bois-Reymond, De Fibrae muscularis Reactione etc. S. 42. 43.

5. Gallensaures Natron
   (und Hundegalle),
6. Chlorkalium.

Der Erfolg dieser Versuche war, dass unter der Einwirkung dieser letztgenannten Stoffe — gallensaures Natron und Chlorkalium — der Strom nicht nur eine sehr bedeutende Schwächung, sondern fast regelmässig eine Umkehr erfährt, wobei der negative Strom unter Umständen eine sehr bedeutende Stärke erhalten kann. Bei diesen Versuchen zeigte auch meist der so zu sagen künstliche Querschnitt und natürliche Längsschnitt einen negativen Strom oft von ansehnlicher Stärke. In einigen Fällen war er jedoch, was auf ein Hervortreten der Parelektronomie deutet, noch schwach positiv, wie einige Versuchsprotokolle erweisen werden, die ich im Folgenden ohne weitere Erklärung mittheilen werde.

Versuch Nr. I.
Mit Harnstoff.

Der Muskel frisch am Muskelzeiger 40°. Nach der Harnstoffeinspritzung 45°.

a. Frischer Muskel.	b. Harnstoffmuskel.
Constante Ablenkung.	
70° positiv.	82° positiv.
68° ,,	82° ,,
68° ,,	80° ,,
66° ,,	82° ,,
66° ,,	80° ,,

Versuch Nr. II.
Mit Milchzucker.

Frisch am Muskelzeiger 32°; nach Einspritzung von 75 CC. Milchzuckerlösung 40°; nach weiteren 75 CC. derselben Lösung 44°.

Reflexe, Athmung, Herzschlag, Spontanbewegungen bleiben.

a. Frischer Muskel.	b. Milchzuckermuskel.
Constante Ablenkung.	
77° positiv.	90° positiv.
74° ,,	Klebt an der
73° ,,	Hemmung.
74° ,,	
72° ,,	

Versuch Nr. III.
Mit Rohrzucker.

Frisch am Muskelzeiger 32°; nach Einspritzung von 75 CC. Rohrzuckerlösung 45°.

Athmung, Herzschlag, Reflexe vorhanden.

a. Frischer Muskel.	b. Rohrzuckermuskel.
Constante Ablenkung.	
90° positiv.	90° positiv.
Die Nadel klebt an der Hemmung.	Die Nadel klebt an der Hemmung.

Versuch Nr. IV.
Mit Traubenzucker.

Frisch am Muskelzeiger 34°; nach Einspritzen von 75 CC. Zuckerlösung 35°.

Athmung, Herzschlag, Reflexe, Spontanbewegungen bleiben.

a. Frischer Muskel.	b. Traubenzuckermuskel.
Constante Ablenkung.	
90° positiv.	90° positiv.
Die Nadel klebt an der Hemmung.	Die Nadel klebt an der Hemmung.

Versuch Nr. V.
Mit gelöster Hundegalle.

a. Frischer Muskel.	b. Gallenmuskel.
Constante Ablenkung.	
78° positiv.	3° positiv.
78° ,,	4° ,,
Vom künstlichen Querschnitt:	Vom künstlichen Querschnitt:
90° positiv.	80° positiv.

Versuch Nr. VI.
Mit gallensauerem Natron.

Frisch am Muskelzeiger 40°; nach Einspritzen von gallensauerem Natron 0°.

Der Frosch ganz reactionslos.

a. Frischer Muskel.	b. Gallenmuskel.
Constante Ablenkung.	Ausschlag der Nadel.
78° positiv.	0°
78° ,,	0°
78° ,,	0°

a. Frischer Muskel.	b. Gallenmuskel.
Constante Ablenkung.	Ausschlag der Nadel.
77° positiv.	Nach Ausschluss der Nebenschliessung:
78° ,,	3° negativ.
Vom künstlichen Querschnitt:	2° ,,
90° positiv.	3° ,,
	Vom »künstlichen Querschnitt«:
	3°—5° positiv.

Versuch Nr. VII.
Mit gallensauerem Natron.

Frisch am Muskelzeiger 41°; nach dem Einspritzen von gallensauerem Natron 0°.

Der Frosch ganz reactionslos.

a. Frischer Muskel.	b. Gallenmuskel.
Constante Ablenkung.	
79° positiv.	56° negativ.
78° ,,	52° ,,
77° ,,	51° ,,
77° ,,	45° ,,
78° ,,	45° ,,
Vom künstlichen Querschnitt:	Vom künstlichen Querschnitt:
90° positiv.	3° positiv.

Versuch Nr. VIII.
Mit Chlorkalium.

a. Frischer Muskel.	b. Chlorkaliummuskel.
Constante Ablenkung.	
90° positiv.	62° negativ.
84° ,,	62° ,,
86° ,,	62° ,,
90° ,,	63° ,,
86° ,,	63° ,,

Der künstliche Querschnitt des Chlorkaliummuskels ergab mit dem natürlichen Längsschnitt einen starken negativen Strom. Der frische Muskel ergab unter gleichen Umständen 90° positive Ablenkung. Auch nachdem der künstliche Querschnitt mit Chlorkaliumlösung befeuchtet war, blieb die constante Ablenkung 90° positiv.

Versuch Nr. IX.
Mit Chlorkalium.

a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung.	b. Chlorkaliummuskel. Ausschlag der Nadel.
90° positiv.	1° positiv.
90° ,,	4° ,,
88° ,,	3° ,,
88° ,,	4° ,,
88° ,,	2° ,,
Vom künstlichen Querschnitt:	Vom künstlichen Querschnitt:
90° positiv.	41° negativ!

Versuch Nr. X.
Mit Chlorkalium.

a. Frischer Muskel.	b. Chlorkaliummuskel.
Constante Ablenkung.	
90° positiv.	58° negativ.
86° ,,	58° ,,
85° ,,	57° ,,
86° ,,	58° ,,
86° ,,	57° ,,
Vom künstlichen Querschnitt:	Vom künstlichen Querschnitt:
90° positiv.	80° negativ.

Diese 10 ausgewählten Versuche mögen genügen, die beobachteten Verhältnisse zu demonstriren.

Fragen wir uns, was wir in Betreff unserer Gesammtaufgabe aus diesen Versuchen für Nutzen zu ziehen im Stande sind. Im folgenden § werden die gewonnenen Resultate in diesem Sinne zusammengestellt werden.

§ 7.
Resultate.

1) Wir haben gefunden, dass die ermüdenden Stoffe — namentlich die Milchsäure — durch ihre Anwesenheit innerhalb des Muskels eine Herabsetzung der elektromotorischen Wirkungen des Muskels bedingen; eine Veränderung in den Lebenseigenschaften des Muskels, welche durch eine Entfernung der genannten Stoffe aus dem Muskelinnern wieder ausgeglichen werden kann.

Sehen wir zuerst von allen weiteren Beobachtungen ab und fragen uns, was wird diese Veränderung in den Lebenseigenschaften des Muskels für einen Einfluss auf seinen normalen Stoffumsatz haben?

Die Umsetzung der Muskelstoffe geht, während der Muskel leistungsfähig ist, unter dem Einflusse starker elektrischer Ströme vor sich. Der leistungsunfähige Muskel zeigt keine elektromotorische Wirkungen mehr.

Die Stärke der elektromotorischen Wirkung des Muskels steht offenbar in einem directen Zusammenhang mit seiner mechanischen Leistungsfähigkeit.

Es muss die Frage aufgeworfen werden, wie wir uns diesen Zusammenhang nach bisher bekannten Thatsachen zu erklären im Stande sind.

Es wird sogleich darauf zurückgekommen werden müssen, dass unsere Untersuchungen zu der Annahme drängen, dass die directen Arbeitsleistungen des Muskels auf einer Oxydation oder Spaltung der primären Muskelstoffe: Der Eiweisssubstanzen des Muskels beruhen.

Wenn demnach irgend ein Einfluss die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzt, so heisst diess nach den bisherigen Erfahrungen: er vermindert die Möglichkeit der normalen Eiweisszersetzung im Muskel.

Diese normale Eiweissoxydation — zu Kreatin (Harnstoff) und Zucker oder Fett —, die wir als die Ursache der mechanischen Muskelleistungen ansprechen, hat sicher etwas äusserst Räthselhaftes.

Ausserhalb des Organismus ist das Eiweiss ein relativ schwer zersetzbarer, schwer oxydirbarer Körper. Nur eine Einwirkung ist uns bekannt, der es leicht unterliegt: die Fäulniss. Diese sehen wir mit Leichtigkeit den complicirten Atomencomplex in sehr einfache chemische Oxydationsproducte zerfällen, mit Ueberspringung der primären auf geringer Sauerstoffaufnahme beruhenden Spaltungsproducte.

Im Innern des lebenden Organismus, wo sich doch scheinbar alle Fäulnissbedingungen für die Eiweisssubstanzen vorfinden, sehen wir das Eiweiss nicht faulen, aber wir sehen es sich dort mit Leichtigkeit zu complicirten Spaltungsproducten zerlegen oder oxydiren. Dasselbe findet aber auch statt im ausgeschnittenen, den Einflüssen des lebenden Gesammtkörpers entzogenen Muskel, so lange er seine Leistungs-

fähigkeit behauptet, was unter günstigen Umständen, wie bekannt sehr lange währen kann.

Es ist klar, dass nicht die Einwirkungen des lebenden Gesammtorganismus direct das sein können, was den Grund zu der fraglichen Richtung der Eiweisszersetzung, welche die Kraft für die Arbeitsleistung des Muskels liefert, abgeben könne. Im lebenden leistungsfähigen Muskel selbst findet sich die Ursache für die fragliche Erscheinung.

Wir werden durch die Beobachtungen, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels und die Bildung complicirter Oxydationsproducte, Spaltungsproducte gleichzeitig mit dem Verschwinden der elektromotorischen Kraft desselben ihr Ende finden, zu dem Gedanken gedrängt, dass die starken elektrischen Ströme, unter deren Einwirkung die Oxydationen und Zerspaltungen der Muskelstoffe während der Periode der Leistungsfähigkeit des Muskels stehen, es seien, welche den fraglichen Vorgängen im lebenden Organe die ganz eigenthümliche Richtung ertheilen, die wir an ihnen beobachten, auf welcher schliesslich die Möglichkeit der mechanischen Arbeitsleistung beruht.

So wie diese Einwirkung definitiv aufhört, sehen wir die Fäulniss an Stelle der normalen Zersetzung treten.

Wenn sie nur kurze Zeit sistirt oder geschwächt wird, sehen wir die normalen Oxydationsvorgänge sistirt oder geschwächt, wir sehen die Leistungsfähigkeit des Muskels für diese Zeit gemindert oder vernichtet.

Es ist nicht zu verkennen, dass wir somit der Aussicht auf eine schliessliche Erkenntniss der eigenthümlichen Ursachen der Zersetzungsvorgänge im lebenden Organismus näher gerückt sind. Freilich, wie wir uns die Wirkung der elektrischen Ströme auf die fraglichen Zersetzungen zu denken haben, ist damit noch keinesweges ermittelt.

Vorläufig bietet vielleicht nur der Gedanke an eine, wie sich Schönbein ausdrückt, Polarisation des Sauerstoffs durch den elektrischen Strom, eine Zustandsveränderung des Oxydationsmittels in Folge der besprochenen Lebenseigenschaft des Muskels, einen Ruhepunct für unsere Gedanken. —

Worauf die elektromotorische Kraft des Muskels in ihrem letzten Grunde selbst beruhe, ist durch meine Untersuchungen nicht ermittelt. Nur soviel stellen sie experimentell fest, was theoretisch stets postulirt war, dass die Stärke der elektromotorischen Wirkung des

Muskels bedingt sei von seiner normalen chemischen Constitution. Eine wesentliche Veränderung dieser letzteren schwächt oder vernichtet diese wesentlichste aller Lebenseigenschaften des untersuchten Organes.

Auch Das noch lassen meine Versuche erkennen, dass es sich bei der Erzeugung der elektromotorischen Wirkungen nicht etwa um Zutagetreten einfacher chemischer Ungleichartigkeiten handeln könne. Chemisch so differente Körper wie Milchsäure und Kreatin, ja auch Salze wie Chlorkalium und gallensaures Natron zeigen denselben Effect. Es scheint widersinnig zu glauben, dass eine heftig wirkende Säure und ein neutrales Salz in elektromotorischer Beziehung die gleiche Wirkung besitzen könnten. Offenbar müssen hier viel tiefer liegende Momente als die eben angedeuteten in Wirksamkeit treten. —

2) Die für die Muskelleistungsfähigkeit **indifferenten** Stoffe besitzen auch keinen **schwächenden** Einfluss auf den elektrischen Muskelstrom.

Es zeigt auch diese Beobachtung, wie genau gleich diese beiden Lebenseigenschaften des Muskels sich äusseren Einflüssen gegenüber verhalten.

3) Die Stoffe, welche die Muskelleistungsfähigkeit definitiv vernichten: **gallensaures Natron** und **Chlorkalium** vernichten den Muskelstrom und intendiren eine Umkehr der Richtung desselben. —

Wir beschliessen damit die vorliegende Untersuchung freilich mit dem Bewusstsein, dass auf der hier eingeschlagenen Bahn noch das Meiste zu leisten übrig geblieben ist.

Achtzehntes Capitel.

Einfluss der ermüdenden Stoffe auf die Oxydationsvorgänge innerhalb des Muskels.

§ 1.

Die Wirkung der ermüdenden Stoffe auf Wasserstoffsuperoxyd.

Wir haben uns schon die im vorstehenden Capitel besprochenen Beobachtungen nur so in ihrem eigenthümlichen, inneren Wesen vorzustellen vermocht, dass wir annahmen, in ihnen dem Ausdruck einer Veränderung der normalen Oxydationsverhältnisse des Muskels begegnet zu sein.

Unter dem Einfluss der ermüdenden Substanzen sahen wir den elektrischen Muskelstrom, den wir als die Bedingung der dem Lebenszustande des Muskels eigenthümlichen Stoffzersetzungen mit Bildung complicirter Spaltungs- oder Oxydationsproducte postulirten, verschwinden.

Ich habe einige Beobachtungen gemacht, welche vielleicht eine vorläufige Erklärung der Veränderung der Oxydationsrichtung im Muskel unter der Einwirkung der oft genannten Stoffe zu geben vermögen.

Es sind die Entdeckungen von Schönbein, auf welchen diese schliesslichen Beobachtungen beruhen[1].

Die Untersuchungen Schönbein's machten in der wissenschaftlichen Welt ein solches Aufsehen, dass ich nicht genöthigt bin, auf ihre Darlegung näher einzugehen.

---

1) Ueber die katalytische Wirksamkeit organischer Materien und deren Verbreitung in der Pflanzen- und Thierwelt. Sitzungsberichte der Acad. d. Wiss. zu München. 1863. I. 95—118. etc.

Es ist bekannt, dass nicht nur bei Berührung mit manchen Metallen besonders mit Platin, das Wasserstoffsuperoxyd sehr rasch in Wasser und gewöhnlichen Sauerstoff zerlegt wird, sondern dass auch bei dieser Zerlegung des Wsserstoffsuperoxydes, das nach den Ansichten Schönbein's aus $HO + \oplus$ ($\oplus$ = Antozon) besteht, eine Bildung von Θ = Ozon stattfindet. Das gebildete Ozon verbindet sich unter gewöhnlichen Verhältnissen sogleich mit einem gleichen Antheil von dem nicht in unmittelbarer Metallberührung stehenden Antozon, zu gewöhnlichem Sauerstoff.

Man kann das gebildete Ozon dadurch sichtbar machen, dass man dem Wasserstoffsuperoxyd Guajaktinctur zusetzt, welche sich unter der Einwirkung des gebildeten Ozon's bläut, eine Wirkung, die weder das Antozon noch der gewöhnliche Sauerstoff besitzt.

Schönbein nennt diese Wirkung des Platin's auf das Wasserstoffsuperoxyd: eine katalytische Wirkung.

Eine Mischung von Wasserstoffsuperoxyd mit Guajaktinctur diente ihm als Reagens zur Entdeckung einer grossen Anzahl in der angegebenen Weise katalytisch wirkender Substanzen, von denen uns seine Entdeckungen unter den organischen Materien hier vor allen anderen interessiren.

Schönbein zeigte, dass es vermuthlich keine Pflanze und keinen Theil einer Pflanze gebe, welche nicht in der genannten Weise katalytische Wirkungen zeige: die nicht aus dem Antozon des Wasserstoffsuperoxydes Ozon zu bilden im Stande wäre.

Jedem, der die Wirksamkeit des activen Sauerstoffs, des Ozon's kennt, wird daraus klar, wie sehr Schönbein im Rechte ist, wenn er an die genannte Eigenschaft der Ozonbildung eine grosse Reihe von Vermuthungen über das Zustandekommen der organischen Stoffwechselvorgänge innerhalb des Pflanzenorganismus, die Erzeugung neuer chemischer Verbindungen etc. anknüpft.

Auch im thierischen Körper sind derartige Stoffe mit katalytischen Wirkungen bekannt. Man weiss, dass das Blutfibrin, die Blutkörperchen in der genannten Weise Ozon zu bilden im Stande sind, und wir müssen in dieser Eigenschaft den Grund der normalen Oxydationen innerhalb des Blutes suchen. Auch der menschliche Speichel, der Nasenschleim, die Schleimhaut des Kälbermagens, die Schleimhaut der Schweinsharnblase hat die genannte Eigenschaft.

Während das pflanzliche Eiweiss stark katalytisch zu wirken scheint, geht diese Eigenschaft den thierischen Eiweissstoffen nach Schönbein's Beobachtungen gänzlich ab. Zucker hat nach Schönbein's Versuchen ebenfalls keine Wirkung in diesem Sinne. —

Es schien mir möglich, dass die ermüdenden Substanzen, vielleicht ebenfalls katalytisch wirksam sein möchten, und dass aus dieser Eigenschaft ihre Wirkungen wenigstens theilweise sich erklären könnten.

Man weiss wie schwierig die Versuche nachzuahmen sind, welche Schönbein so sicher gelingen. Es schien mir vor Allem wünschenswerth, einige seiner Resultate für mich zu constatiren, um zur Gewissheit zu kommen, dass ich analoge Versuchsbedingungen zur Wirksamkeit zu bringen im Stande sei, wie Schönbein.

Das Wasserstoffsuperoxyd bereitete ich mir zu meinen Versuchen, indem ich fein zerriebenes Baryumsuperoxyd mit verdünnter Fluorkieselwasserstoffsäure vorsichtig neutralisirte, die Flüssigkeit sich durch Absitzen klären liess und die obenstehende klare Flüssigkeit zum Versuch verwendete. Die Lösung wurde stets frisch gemacht. Ebenso die Guajaktinctur, zu welcher nur Material aus dem Innern der Harzstücke verwendet wurde.

Es gelang mir zu zeigen, dass das Reagens auf Ozon von Spuren von Blut gebläut wurde. Ebenso zeigte ein Stückchen sorgfältig ausgewaschener Froschmuskel keine oder nur eine äusserst minimale Wirkung. Zucker bläut ebenfalls nicht und ebensowenig: Harnstoff.

Es hatte sich so herausgestellt, dass ich im Stande war, die von Schönbein gesehenen Thatsachen ebenfalls sichtbar zu machen. Ich konnte nun an die Prüfung der ermüdenden Stoffe gehen.

Die angestellten Versuche zeigten, dass Milchsäure in sehr geringen Mengen zwar eine Bläuung hervorrufe, dass aber diese Bläuung bei Zusatz von einem Ueberschuss von Milchsäure wieder vollkommen verschwinde.

Anders war es bei dem Kreatin. Ein Kreatinzusatz zu dem Reagens rief eine sehr intensive Bläuung hervor. Setzte ich aber einen Ueberschuss von Milchsäure hinzu, so verschwand die eingetretene Bläuung wieder vollkommen. —

Es fragte sich, wie man sich diese Beobachtung, die sehr leicht zu machen ist, erklären könnte.

Die Wirkungen der Milchsäure waren freilich sogleich klar.

Es war sichtlich, dass die Milchsäure eine katalytische — Ozonbildende — Wirkung besitze. Das Ozon verschwindet aber in der Folge wieder bei Zugabe eines Ueberschusses von Milchsäure wohl aus dem Grunde, dass die Milchsäure das gebildete Ozon zu ihrer eigeuen weiteren Zersetzung? verwendet.

Anders ist es bei dem Kreatin. Das Kreatin bildet eine grosse Menge von Ozon, das als solches bestehen bleibt. Durch einen Zusatz von Milchsäure kann das gebildete Ozon verbraucht werden.

Dieses verschiedene Verhalten der beiden Substanzen, die doch in ihrer physiologischen Wirkung im Endresultate ganz gleich sind, musste sehr auffallend erscheinen und es musste die Frage aufgeworfen werden, ob vielleicht die Unterschiede nicht qualitativer, sondern nur quantitativer Art seien: ob nicht vielleicht auch das Kreatin die Eigenschaft der Milchsäure nur in geringerem Grade besitze, das gebildete Ozon in der Folge für seine eigene Oxydation zu verwenden und damit die Bläuung des Guajakharzes zum Verschwinden zu bringen.

Es wurden zur Entscheidung der Frage zwei Versuchsreihen angestellt, welche auf die Möglichkeit des gesuchten Resultates hinweisen.

1. Hat man durch Kreatin das Guajakharz stark gebläut und setzt nun einen bedeutenden Ueberschuss von Kreatin zu, so beginnt sich die Guajaklösung zu entfärben, die Färbung wird schwächer. Auf Zusatz von neuer Guajaklösung wird sie nicht stärker, aber auf Zusatz von neuem Wasserstoffsuperoxyd sehr stark: tief blau.

2. Gibt man wenig Wasserstoffsuperoxyd zu einer concentrirten Kreatinlösung, so scheint diese nach kurzer Zeit keine Ozonreaction mehr zu geben.

Es scheint demnach, dass das Kreatin und die Milchsäure das gleiche Verhalten zeigen:

Letztere bildet in geringen Mengen einen Ueberschuss von Ozon aus dem Wasserstoffsuperoxyde, so dass die Guajaklösung dadurch gebläut wird. Ist sie im Ueberschusse vorhanden, so verbraucht sie das sich bildende Ozon für ihre eigene Oxydation. (?)

Die Guajaktinctur ist nur ein Ozonträger, der das Ozon an leichter oxydirbare Körper wieder abzugeben im Stande ist.

§ 2.

Resultate aus § 1.

Das ist das Resultat, dessen Verwerthung für unsere Frage über den Grund der Ermüdung uns obliegt.

Es scheint mir, dass sich nach dieser letzten Erfahrung noch einige bisher räthselhafte Erscheinungen bei der Oxydation im Muskel während seiner Thätigkeit einfach erklären lassen.

Wir sehen während der Zeit des Tetanus selbst die Oxydationsvorgänge wesentlich im Muskel gesteigert. Wir sehen dagegen, dass er in sich während des Tetanus Stoffe in grösserer Menge enthält, welche dieselbe Eigenschaft der Ozonbildung besitzen, die wir im Blute als den Grund der Oxydation ansprechen. Die Fähigkeit des gesammten Organismus Ozon zu bilden und damit nothwendig die Grösse der Oxydationen in ihm selbst müssen im Tetanus sich steigern, da er ja dann mehr Ozon-bildende Stoffe in sich enthält, als während der Ruhe.

So erklärt es sich auch, dass der Muskel ohne Mithülfe des Blutes, das wir sonst allein als den Träger der Oxydationsbedingungen anzusehen gewöhnt sind, auf Oxydation beruhende Zersetzungen in sich vorzunehmen im Stande ist. Er enthält und bildet ja Substanzen aus seinen unwirksamen Eiweissstoffen, welche mit dem Blute die Eigenschaft der Ozonbildung theilen. So verstehen wir auch, wie anfänglich die Muskelcontractionen während des Tetanus an Stärke zunehmen können. Es kann diess ausser der Steigerung der Nervenerregbarkeit noch daher rühren, dass eine grössere Menge von Stoffen zersetzt werde, die durch ihre Zersetzung dem Muskel mehr Spannkräfte zur mechanischen Arbeitsleistung zur Verfügung stellen. Diese Zersetzung beruht, wie uns wahrscheinlich wurde, auf Oxydation. Bei der Anwesenheit des Kreatin's und der Milchsäure in kleineren Mengen wird ja von diesen ein Ueberschuss von Ozon geliefert. Die Oxydationen und damit die Fähigkeit zur Arbeitsleistung innerhalb des Muskels müssen in Folge dessen durch sie eine anfängliche Steigerung erfahren.

Ganz anders wird das Verhältniss, wenn sich die Milchsäure in so grossen Mengen angehäuft findet, dass sie das gebildete Ozon alles selbst für sich in Beschlag nimmt. Offenbar geht auch dann noch ihre Wirkung als Ozon-bildende fort, aber diese hat

für den Muskel selbst keine weitere Wirkung mehr. Die bei der Oxydation des Kreatin's und der Milchsäure freiwerdenden Spannkräfte werden also offenbar **nicht** zur Hervorbringung mechanischer Leistungen des Muskels verwendet. Es müsste ja sonst, wenn sie in grösseren Mengen vorhanden sind, auch noch die Möglichkeit der Muskelleistung vorliegen; die Oxydationen der Zersetzungsproducte gehen ja sicher ungestört fort und nur die Eiweissstoffe des Muskels werden nicht mehr oxydirt.

Es scheint mir danach äusserst wahrscheinlich, dass mechanische Arbeit nur allein durch Verwendung derjenigen Spannkräfte geleistet werden könne, welche bei der primären Oxydation oder Spaltung der Muskeleiweissstoffe frei und verwendbar werden.

Denn wie sollte die Sistirung der mechanischen Muskelleistungen erklärt werden zu einer Zeit, in welcher die Oxydationen zu secundären Producten im Muskel ungestört, ja, wie in der Respiration die Mehrausscheidung der Kohlensäure im Stadium der Ermüdung ebenfalls direct ergibt, im gesteigerten Maasse fortschreitet? da Nichts verändert scheint, als dass die primären Muskelstoffe keine weiteren Zersetzungen erleiden?

Auch abgesehen von der gemachten directen Beobachtung scheint es klar und von vorne herein nothwendig, dass die einmal gebildeten Zersetzungsproducte des Muskels, wenn sie in grösserer Menge sich angehäuft haben, allen disponibelen activen Sauerstoff an sich ziehen und dadurch die Oxydation des Eiweisses hindern, da sie ja weit leichter oxydirbar sind als die Eiweissstoffe des Muskels, die wie gesagt während des Zustandes der Leistungsfähigkeit des Muskels verhältnissmässig schwer zersetzbare Körper sind.

Wir können die letzten Resultate in den Satz zusammenfassen:

Die ermüdenden Stoffe scheinen die Leistungsfähigkeit des Muskels vor Allem darum zu sistiren, weil sie leichter oxydirbar sind als die Eiweisssubstanzen des Muskels, auf deren schwacher Oxydation und Spaltung die Arbeitsleistung des Muskels wahrscheinlich beruht. Die ermüdenden Substanzen entziehen durch ihre Anwesenheit dem Muskel den zu seiner Oxydation nöthigen Sauerstoff.

§ 3.

Einfluss der Milchsäure auf die Zuckergährung.

Es findet sich im Muskel, der Zersetzung der Albuminate desselben entstammend, eine wahre, gährungsfähige Zuckerart, von der von mir nachgewiesen wurde, dass sie sich nach dem Tetanus in vermehrter Menge im Muskel vorfindet.

Wir wissen, dass unter normalen Bedingungen der Zucker nicht als solcher aus dem Organismus ausgeschieden wird, sondern dass er als Kohlensäure und Wasser den Körper schliesslich verlässt. Es ist nicht ausgemacht, ob er direct in diese einfachen Körper zerfällt, oder ob er anfänglich sich durch eine gewisse Art von Gährung in complicirtere Atomgruppen spaltet, vielleicht, und es scheint diess wohl fast mehr als wahrscheinlich, entstammt die Milchsäure des Muskels einer derartigen Spaltung.

Wir können uns diesen Vorgang nicht anders als unter dem Bilde einer Gährung vorstellen.

Wir sehen wirklich im Muskel, wie es scheint, alle Bedingungen zu einer eintretenden Gährung verwirklicht. Wir haben hier wie dort eine gährungsfähige Zuckerart und als Gährungserreger bekannte Stoffe, sich zersetzende Albuminate, neben den accessorischen Bedingungen der Gährung: Feuchtigkeit und Wärme. Es scheint zweifellos, dass unter diesen Bedingungen wirklich Gährung eintreten müsse, und diese Vermuthung wird durch das Entstehen der Milchsäure, des postulirten Gährungsproductes, noch in ihrer hohen Wahrscheinlichkeit gesteigert.

Bei der künstlichen Bildung der Milchsäure aus Milchzucker, der der sauer gewordenen Milch zugesetzt wird, ist die Milchsäurebildung beschränkt durch die Eigenschaft der Milchsäure, die Wirkung des gährungserregenden Caseïns auf den Zucker zu hemmen, sobald sie in irgend grösseren Mengen angehäuft ist.

Dieselbe Eigenschaft besitzt die Milchsäure auch auf die als Gährungserreger im Muskel supponirten Albuminate. Bringt man ein Stückchen Fleisch zu Traubenzuckerlösung, so wird durch dasselbe bei entsprechender Temperatur in kurzer Zeit die Gährung eingeleitet. Ein geringer Zusatz von Milchsäure hebt jedoch die Fähigkeit des Fleisches, Gährung einzuleiten, vollkommen auf, wie auf sehr einfache Weise durch den Versuch nachgewiesen werden kann.

Ich füllte zu diesem Zwecke einige CC. einer Zuckerlösung mit einem kleinen Fleischstückchen in ein im Uebrigen mit Quecksilber angefülltes kleines Eudiometer. Das Eindringen von Luftblasen ist leicht gänzlich zu vermeiden. In den Gährungsraum gebracht, entwickelt sich die Kohlensäure und sammelt sich über der Flüssigkeit in dem Eudiometerrohre an.

In ein anderes gleichgrosses Eudiometer war unter sonst gleichen Bedingungen nur mit dem Zusatz einiger Tropfen Milchsäure die Füllung geschehen. Hier war noch nach mehreren Tagen keine Kohlensäureentwickelung eingetreten, während die Gährung in dem anderen Rohre bereits seit lange vollkommen abgelaufen war.

Es scheint mir danach sicher, dass auch innerhalb des lebenden Muskels sich analoge Verhältnisse werden geltend machen müssen; auch dort wird die Milchsäure einmal in grösserer Menge gebildet die supponirte Gährung hemmen und es scheint mir diese Behauptung gut mit der Beobachtung zusammenzustimmen, dass nach dem Tetanus, der mit einer Anhäufung von Milchsäure einhergeht, sich der Zukkergehalt im Muskel vermehrt findet.

Bei der künstlichen Milchsäurefabrication aus Milch mit zugesetztem Milchzucker wird diese gährungshemmende Einwirkung der gebildeten Milchsäure dadurch vermieden, dass man zu der gährenden Flüssigkeit einen Zusatz einer basischen Substanz z. B. von Natronbicarbonat macht und dadurch die Milchsäure neutralisirt; um die Gährung fortgehen zu lassen, muss die Milchsäure in dem Maasse als sie entsteht auch neutralisirt werden.

Die Beobachtung, dass im Muskel aus dem neutralen Kreatin während des Tetanus das stark basische Kreatinin entsteht, scheint mir dafür zu sprechen, dass ein analoger Neutralisationsvorgang — wie ich diess schon mehrmals hervorgehoben habe — auch im Muskel, abgesehen von der Milchsäureneutralisation durch die alkalischen Körperflüssigkeiten stattfindet. Er hat sicher den Erfolg auch unter diesen Umständen, die Milchsäurebildung längere Zeit fortgehen zu machen, die Möglichkeit zu einer gesteigerten Milchsäurebildung zu geben, wie diess die Neutralisation ausserhalb des Organismus thut. Milchsaure Salze hindern die Gährung nicht.

Ziehen wir auch die Alkoholgährung in den Kreis unserer Betrachtungen, so treffen wir auf Beobachtungen, welche noch mehr mit unseren

Betrachtungen und Versuchen in den beiden ersten Paragraphen dieses Capitels zusammenstimmen.

Es ist bekannt, dass für das Zustandekommen der Alkoholgährung die Anwesenheit der organischen Säuren, wie Essig-, Wein-, Citronen- und vor allem Milchsäure zwar im concentrirteren Zustande schädlich ist; dass diese Säuren aber im verdünnten Zustande, sodass die Flüssigkeit eben sauer reagirt, für die Gährung nicht nur höchst förderlich, sondern wirklich nothwendig zu sein scheinen[1].

Eine derartige Beobachtung machten wir bei der Darstellung des Alkohols aus dem Fleischextracte. Wir sahen dort in der sauren Flüssigkeit, die von Milchsäure sauer war, die Gährung ungehindert und rasch verlaufen.

Freie Alkalien hemmen die Gährung so lange bis sie von der entwickelten Kohlensäure oder von einer zugefügten Säure gesättigt sind[2].

So sehen wir also auch hier die Milchsäure zwei im Wesen verschiedene Functionen ausüben, wie wir das schon bisher postulirt hatten, und wie wir diess durchgängig beobachteten.

Im Muskel stellt sich in dieser letzten Beziehung die Wirkung der Milchsäure so:

Die alkalischen Körperflüssigkeiten: Blut und Lymphe intendiren eine Aufhebung der der Gährung analogen normalen Stoffumänderungen in dem Muskel. Die beständig sich bildende Milchsäure reicht im ruhenden Zustande des Muskels gerade hin, die Reaction der Muskelflüssigkeit neutral zu erhalten. Die der Gährung analogen Stoffumänderungen können so einen zwar geringen aber beständigen Fortgang nehmen. Bei dem Tetanus treten Verhältnisse ein, die eine Anhäufung der Milchsäure im Muskelsafte hervorbringen; der Muskelsaft wird schwach sauer, die genannten Stoffveränderungen müssen dadurch, da ja die Anwesenheit einer kleinen Säuremenge ihr Zustandekommen begünstigt, in ihrer Intensität gesteigert werden. Ein Ueberschuss der Säure wird dabei durch die gleichzeitige Kreatininbildung aus Kreatin für einige Zeit verhütet. Endlich übersteigt ihre vorhandene Menge doch die Grenze der Nützlichkeit; die Säure häuft sich in solchen Mengen an, dass sie dieselben Stoffumänderungen die

1) F. Knapp, Lehrbuch der chemischen Technologie. 1848. Bd. II. S. 278.

2) a. a. O. S. 278.

sie anfänglich begünstigte, nun in der weiteren Folge vernichtet. Hierbei geht offenbar die Eiweissspaltung noch einige Zeit ungestört von Statten, sodass sich ihr gährungsfähiges Product: der Zucker im Muskel nun anhäufen kann.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, wie vollkommen analog diese Verhältnisse der Wirkung der Milchsäure auf die Gährung denen seien, die wir bei der Betrachtung der Einwirkung desselben Stoffes auf Wasserstoffsuperoxyd angetroffen haben.

So scheint sich denn im lebenden Muskel die Milchsäure in ihren Wirkungen nicht allein auf die normale Eiweisszersetzung zu erstrekken, von denen wir gesehen haben, dass sie in der Folge durch die Anwesenheit der genannten Säure aufgehoben werde. Wir sehen, dass sie ebenso im Stande ist, schliesslich auch die weiteren Zersetzungen der secundären Muskelstoffe zu hindern, ja gänzlich aufzuheben, nachdem sie anfänglich ihre Stoffumlagerungen begünstigte und steigerte.

Wir begreifen nun etwas besser, wie dieselben qualitativen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Muskels — das Auftreten der Milchsäure — während des Tetanus zuerst die der gesteigerten Stoffzersetzung im ruhenden Muskel entgegenwirkende Hemmung hinwegzuräumen, und die Stoffumsetzungen dadurch zu steigern im Stande ist, und wie sie schliesslich doch auch selbst die Function einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzungen übernehmen könne.

Neunzehntes Capitel.

Schluss.

Schliesslich haben wir die Aufgabe, noch einmal einen gedrängten Rückblick auf den Gang und die Resultate unserer Untersuchung zu werfen.

Der Leser wird sich erinnern, dass wir die vorliegende Experimentaluntersuchung begonnen haben unter dem Eindruck, dass die bisher

gewonnenen festbeglaubigten Resultate der Forschung über den Einfluss des Tetanus auf die Stoffumsetzungen des Organismus und damit die daraus abgeleiteten Anschauungen über die Erzeugung der Muskelkraft einen scheinbar nicht zu vermittelnden Zwiespalt erkennen liessen.

Auf der einen Seite stand es durch die Untersuchungen der berühmtesten Forscher wie Liebig, Helmholtz, du Bois-Reymond u. A. m. fest, dass der Tetanus des Muskels mit sicher nachzuweisenden Veränderungen seiner Substanz verbunden sei, die alle auf einen Verbrauch von Muskelstoffen durch die Muskelaction hinwiesen und dadurch nothwendig dazu drängten, anzunehmen, dass die Quelle der Muskelkraft in jenem Verbrauch, in jener Zersetzung oder Oxydation der Muskelstoffe und damit in den durch eine solche frei und verwendbar werdenden Spannkräften zu suchen sei.

Auf der anderen Seite hatten die ausgezeichneten Untersuchungen über die Ernährung des Fleischfressers von Th. L. W. Bischoff und C. Voit mit aller Entschiedenheit und unweigerlich nachgewiesen, dass die Stoffumsatzbedingungen, die Stoffoxydationen des thierischen Organismus abhängig seien nicht von willkürlich zu setzenden Bedingungen, sondern einzig von der Masse des im Körper vorräthigen Nahrungsmateriales und seiner qualitativen Zusammensetzung. Zu diesem Ergebniss der Untersuchung hatten die Versuche von C. Voit noch den sicheren directen Beweis geliefert, dass durch Muskelarbeit die Harnstoffausscheidung nicht vermehrt werden könne.

Es geht aus diesen letzteren Untersuchungen mit aller nur möglichen Bestimmtheit hervor, dass in dem im Organismus vorräthigen Stoffmaterial die Zersetzungen nicht willkürlich gesteigert werden können, sondern dass sich die Zersetzungen nur in Folge innerer Gründe zutragen.

Die Oxydationen und Stoffumsetzungen, die wir im Organismus des Thieres vor sich gehen sehen, und in denen wir einzig die Quelle der Krafterzeugung der Thiere suchen können, sind von dem Verbrauch dieser mechanischen Kräfte zu Leistungen ausserhalb des Organismus unabhängig, sie werden durch sie nicht gesteigert! —

Freilich sehen wir auf den ersten Blick, dass dieser Widerspruch des Experimentes, das auf der einen Seite einen Stoffverbrauch durch die Muskelarbeit und durch den Tetanus bestimmt nachweist, auf der

anderen aber die Unabhängigkeit der Gesammtumsetzungen im Organismus von der Erzeugung der Muskelarbeit beweist, sich vielleicht lösen lasse durch die Annahme, dass zwar bei Betrachtung einer grösseren Zeitperiode, wie diess bei den oben genannten Stoffwechselversuchen der Fall war, eine solche Unabhängigkeit sich zeigen könne, aber doch wohl nur darum, weil der während der Muskelaction gesteigerten Stoffzersetzung in der Folge eine der Steigerung entsprechende Verminderung in ihrer Energie auf den Fuss folge. Da sich die Wissenschaft gewöhnt hatte, die Ausscheidungen des Organismus als ein Maass der Stoffumsetzungen in ihm zu betrachten, so schien sich die Frage so zu stellen: lässt sich vielleicht, trotzdem dass im Grossen und Ganzen die Ausscheidung des Stickstoffs, aus dem Körper durch Erzeugung von Muskelarbeit nicht gesteigert wird, nicht doch bei Betrachtung möglichst kleiner Perioden eine der Krafterzeugung entsprechende Vermehrung der Ausscheidungen nachweisen?

Wenn auf eine solche supponirte Steigerung in den Körperausscheidungen eine entsprechende Verminderung nachweisbar sein würde, so wäre damit auf eine einfache Weise eine Vereinigung beider Resultate möglich geworden. Auf der einen Seite wäre die Entstehung der Muskelkraft auf eine einfache mechanische Weise erwiesen, auf der andern würde auch der zweite Satz erklärt sein, dass die Grösse der Stoffumsetzungen und Oxydationen und damit auch die Grösse der Kraftmenge, die in einer grösseren Periode vom Organismus erzeugt wird, von der während dieser Periode gelieferten äusseren Arbeit unabhängig sei. —

Wir traten an die Untersuchung heran. Es war uns leicht, bei directer Untersuchung des Muskels die alten Beobachtungen von dem Stoffverbrauch im Muskel während des Tetanus theilweise zu bestätigen, ja es gelang uns, eine ziemliche Reihe neuer Thatsachen, die einzig auf diesen Verbrauch zu deuten waren, aufzudecken. Wir fanden dabei noch weiter, dass mit der Steigerung des Verbrauches an Muskelstoffen in Folge des Tetanus auch eine Anzahl von Thatsachen auf eine Veränderung in der Richtung der chemischen Zersetzungen im Muskel während der Periode seiner Thätigkeit hinweisen. Wir beobachteten weiter, dass die Stoffumsetzungen während des Tetanus, auf welchen die Erzeugung der Muskelkraft beruht, nur innerhalb des Muskels selbst vor sich gehen, so dass wir gezwungen sind, den Muskel

nicht nur als Uebertragsmechanismus für eine ausser ihm entstandene Kraft in Arbeitsleistung anzusehen, sondern dass wir ihn neben seiner Function als Uebertragungsvorrichtung auch als den zum Zweck der Arbeitsleistung umgesetzten, oxydirten Stoff ansprechen müssen.

So war die eine Seite der Aufgabe, der Nachweis, dass die Muskelarbeit auf den durch gesteigerte Stoffumsetzung frei und verwendbar werdenden Spannkräften der Muskelsubstanz beruhe, befriedigend gelöst. Wenn wir auch noch nicht im Stande sind, die bei dem Tetanus oder der Muskelarbeit durch die gesteigerte Zersetzung der Stoffe des Muskels frei und verwendbar werdenden Spannkräfte zu messen und ihre Uebereinstimmung mit der Grösse der geleisteten Arbeit quantitativ nachzuweisen, so genügt uns doch vorerst schon der qualitative Nachweis, dass wirklich eine Vermehrung der freiwerdenden Kräfte bei der Muskelaction sich finde, die als Grund der Arbeitsleistung angesprochen werden kann.

So konnten wir also zu dem zweiten Theile unserer Aufgabe uns wenden, den scheinbaren Widerspruch, der aus den Bestimmungen der Harnstoffausscheidung bei Muskelaction sich ergeben hatte, aufzulösen.

Die Aufgabe schien einfach, so wie wir sie oben aufgestellt hatten, ihrer Lösung entgegengeführt werden zu können. Freilich hatten wir zu diesem Zwecke, da sich die Beobachtungen nur am Menschen anstellen zu lassen schienen, eine langwierige und mühsame Voruntersuchung zu machen, um den Nachweis zu liefern, dass am Menschen gewonnene Resultate mit den am Fleischfresser gewonnenen vergleichbar seien. Der Nachweis fiel befriedigend aus; wir machten uns an die eigentlichen Versuche, die eine der Arbeitsleistung proportionale Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harne bei Betrachtung kleiner Perioden der Ausscheidung nachweisen sollten. Wie gross war unser Erstaunen, dass sich eine solche correspondirende Vermehrung trotz des gesteigerten Muskelumsatzes im Tetanus in den Stickstoffausscheidungen im Harne nicht nachweisen liess. Es zeigten sich zwar Veränderungen in der Harnstoffausscheidung in Folge des Tetanus, aber dieselben waren trotz der Gleichheit der geleisteten Arbeit nicht vergleichbar unter einander. Dasselbe Ergebniss, welches von C. Voit in so schlagender Weise für grössere Untersuchungsperioden nachgewiesen wurde, zeigte sich, wenn auch mit einigen Modificationen, bei Betrachtung von sehr kleinen Zeitabschnitten ebenfalls.

Es ergab sich daraus schlagend, dass die Harnstoffausscheidung kein irgend treues Bild von den kleineren Schwankungen des Stoffumsatzes im Organismus zu geben im Stande sei, dass sich in ihr nur die grossen Stoffumsatzverhältnisse charakteristisch erkennen lassen; denn offenbar waren wirklich vorhandene gleichnamige Stoffumsatzveränderungen nicht im Stande, ein gleichsinniges Resultat in Beziehung auf diese Ausscheidung zu erzielen.

Es fand sich eine unregelmässige kleine Steigerung der Harnstoffausscheidung, auf die eine Periode der Verminderung eintrat.

Auch Bestimmungen der unter dem Einfluss der Muskelarbeit eintretenden Steigerung der Kohlensäureabgabe wurden vorgenommen. Sie ergaben ein der Harnstoffbestimmung gleiches Resultat. Auch bei der Steigerung der Kohlensäureabgabe ist es unmöglich, einen directen Zusammenhang zwischen ihr und der geleisteten Muskelarbeit aufzufinden. Ja es kann wie bei der Harnstoffausscheidung sich auch bei der Kohlensäureabgabe während der Arbeitsleistung an Stelle einer erwarteten Vermehrung eine Verminderung ergeben, welcher erst in der auf die Arbeitsleistung folgenden Ruheperiode hier wie dort eine kürzere oder längere Zeit anhaltende Vermehrung folgt.

Auch für die Kohlensäureabgabe scheint sich die Beobachtung C. Voit's an der Harnstoffausscheidung nachweisen zu lassen, dass nämlich bei Betrachtung grösserer Perioden die Ausscheidung durch die Muskelarbeit nicht gesteigert wird, dass also auch im Grossen und Ganzen die Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge, auf welchen diese Ausscheidung beruht, von der geleisteten Arbeit unabhängig, unbeeinflusst sei. Doch scheinen diese Perioden grösser zu sein, als sie bei der Harnstoffausscheidung sich zeigten.

So beweisen denn auch meine Versuche wie die freilich weit umfangreichern von Bischoff und Voit, das die Grösse des Stoffumsatzes und damit das im thierischen Organismus während einer grösseren Periode frei und verfügbar werdende Kraftquantum nicht abhängig sei von willkürlichen Einflüssen, wie zum Beispiel die Muskelaction, sondern dass wir hier eine von äusseren Einflüssen fast ganz unabhängige Function des Organismus vor uns haben. Ja meine Versuche zeigten sogar für die Harnstoffausscheidung, dass schon ziemlich kleine Zeiträume — eine Stunde — hinreichen, eine etwa statthabende Veränderung in ihren Folgen fast vollständig zu beseitigen. —

Es blieb uns kein anderer Ausweg als die Annahme, dass in sehr kleinen Zeiträumen schon innerhalb des Muskels ein Compensationsvorgang eintreten müsse, durch den die durch die Muskelaction gesetzten Veränderungen in den Umsatzverhältnissen fast vollkommen ausgeglichen werden können. Aber wie sollten wir uns diesen Vorgang der Ausgleichung vorstellen? Worin sollten wir den Grund finden für eine Hemmung der Zersetzungen im arbeitenden Muskel?

Auf der einen Seite finden wir eine Steigerung auf der anderen eine Verminderung der Muskelzersetzungen, das eine während, das andere nach der Arbeitsleistung der Muskeln. Es ist klar, dass der eine wie der andere Vorgang: die Steigerung wie die Verminderung gleich unerklärlich schienen.

Ich war so glücklich dieses Räthsel fast vollständig aufzuklären. Wir fanden in dem Auftreten der Milchsäure und des Kreatin's im Muskel den Grund für beide scheinbar unvereinbare Thatsachen.

Diese Stoffe sind nicht nur sehr starke Muskelreize, und wir können wohl daran denken, dass das Zustandekommen der Muskelaction primär ihrer reizenden Einwirkung entstamme, sie erhöhen auch die Nervenerregbarkeit, sodass unter ihrer primären Einwirkung ein von den nervösen Centralorganen kommender Anstoss in den Nerven gesteigerte Leistungen hervorbringen muss. Aber während sie primär und in geringeren Mengen die Leistungen der Muskeln und Nerven zu steigern vermögen, vermindern sie dieselben in der Folge bei stärkerer Anhäufung mehr und mehr bis sie dieselben schliesslich vollkommen vernichtet haben. So gab schon diese Beobachtung uns einen Anhaltepunct für die Vorstellung, wie bei und in Folge der Muskelaction, die notorisch mit Anhäufung der beiden genannten Stoffe einhergeht, auf ein Stadium der Steigerung der Zersetzungen — erhöhte Leistungsfähigkeit — ein Stadium der Verminderung — Ermüdung, Leistungsunfähigkeit — folgen könne.

Es gelang mir weiter nachzuweisen, dass die genannten chemischen Körper keine definitive Veränderung des Muskels durch ihre Anwesenheit hervorrufen, sondern, dass ihre Wirkungen durch ihre einfache Entfernung aus dem Muskelsafte durch Auswaschen und Neutralisation der Säure wieder zum Verschwinden gebracht werden können. Es war einleuchtend, dass wir damit den Grund für die Widerherstellung der ermüdeten Muskeln durch Ruhe innerhalb des unversehrten Muskels

aufgefunden hatten. Die ermüdenden Stoffe — Milchsäure und Kreatin — werden aus dem Muskel durch Blut und Lymphe theils ausgewaschen, theils unschädlich gemacht, indem diese alkalischen Flüssigkeiten die Milchsäure neutralisiren.

Aber auch die von Blut und Lymphe freien Muskeln zeigen ausserhalb des Organismus noch eine Erholung. Die Beobachtung Sarokow's, dass im Tetanus aus Kreatin sich das stark basische Kreatinin bilde, war im Stande auch diese Erscheinung zu erklären. Das Kreatinin ist fast wirkungslos auf den Muskel und Nerven. Indem also ein Theil des Kreatin's in Kreatinin umgewandelt wird, dient das neugebildete Kreatinin vermöge seiner basischen Eigenschaften zur Neutralisirung der Säure. Der directe Versuch bestätigte diese aprioristisch mit Nothwendigkeit sich ergebende Annahme.

Wir hatten so die Hemmungsvorrichtungen aufgefunden, aber es ergab sich nach diesem principiellen Fortschritt für uns noch die weitere Aufgabe, nach dem eigentlichen Grunde ihrer Wirksamkeit zu forschen.

Es gelang nachzuweisen, dass die elektromotorische Kraft des Muskels unter dem Einflusse der ermüdenden Stoffe stehe, dass dieselbe mit der grösseren Anhäufung von Milchsäure und Kreatin verschwinde, und dass sie sich wieder hervorrufen lasse, durch nachträgliches Wiederentfernen derselben. Da wir gezwungen sind, uns die Art des Zustandekommens der Oxydation des Muskels beeinflusst zu denken von der Stärke der in ihm kreisenden elektrischen Ströme, so gab uns schon diese Beobachtung Fingerzeige über die Art, wie die ermüdenden Stoffe eine Veränderung in der Grösse und der Richtung der Oxydationen und Zersetzungen im Muskel hervorbringen können.

Directer klärten uns über diese Wirksamkeit noch die nach dem Vorgang von Schönbein angestellten Versuche über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf Wasserstoffsuperoxyd auf. Wir erkannten, dass sie in kleinen Mengen vorhanden einen Ueberschuss von Ozon zu bilden vermögen, dass sie aber in bedeutenderen Quantitäten das gebildete Ozon alles anderweitig, zu ihrer eigenen Zersetzung (?), verwenden. Diese Versuche machen direct klar, wie sie in kleineren Mengen im Muskel anwesend primär seine Oxydationen steigern können, indem sie ihm activen Sauerstoff bereiten, secundär aber in grösseren Quantitäten, dadurch dass sie das gebildete Ozon alles ihm entziehen, die Oxydationen gänzlich zu vernichten im Stande sind.

Die Beobachtungen über die Wirkung der ermüdenden Stoffe auf die Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten stehen mit diesen eben genannten Resultaten in vollkommener Uebereinstimmung.

Damit schliesse ich die vorliegende Untersuchung. Es ist gelungen, scheinbare Widersprüche des Experimentes wie ich hoffe befriedigend zu lösen. Trotzdem dass im Grossen und Ganzen die Grösse der Oxydationen und Zersetzungen im thierischen Organismus ihr Zustandekommen allein der gleichzeitig in demselben vorhandenen zersetzbaren Stoffmenge verdankt, werden die bei der Muskelarbeit frei verwendeten Spannkräfte doch durch eine innerhalb des Muskels vor sich gehende momentan gesteigerte Oxydation oder Zersetzung geliefert, deren scheinbar nothwendige Wirkungen auf eine Steigerung der Ausscheidungen des Organismus durch erkannte und in ihren Wirkungen verständliche Hemmungseinrichtungen vernichtet werden.

Nachträge.

I.

Zu Capitel VIII: Der Fettgehalt des Muskels.

In der Berliner klin. Wochenschr. 1864 Nr. 49 u. 50 theilen die Herren Ph. Munk und E. Leyden eine sehr interessante Untersuchung mit: »Ueber Albuminurin und fettige Degeneration nach Vergiftung mit Schwefelsäure und anderen Säuren.« In Beziehung auf ihre Resultate kann auch der Anhang zu Cap. XVI meiner Untersuchung verglichen werden. Hier wünsche ich vor allem darauf aufmerksam zu machen, dass mir die von den genannten Autoren gewonnene Thatsache der fettigen Degeneration der Muskeln, besonders des Herzmuskels der mit Säuren vergifteten Thiere schön mit meiner Beobachtung der Zunahme des Fettgehaltes der Muskeln in Folge des Tetanus übereinzustimmen scheint. Die Anhäufung der Milchsäure durch den Tetanus im Organismus ist nur ein specieller Fall von Säurevergiftung. Anstatt dass dort die Säure bei den genannten Versuchen künstlich in den Organismus gebracht wurde, erzeugt sich dieselbe hier in Folge der Thätigkeit seiner Muskeln selbst. Das Resultat: fettige Degeneration, Anhäufung von Fett im Muskel ist hier wie dort das gleiche aus gleicher Ursache hervorgehend.

II.

Zu Capitel XII. § 4. Stickstofflose Nahrung und Capitel XI. § 3. S. 254 f.

Die N-Bestimmung im Kothe des Stärketages, welche im Text als verloren angeführt wurde, ergab 4,38 % N der trockenen Substanz. Auf die ganze Kothmenge gerechnet macht diess 1,31 Grm. N, welche aus dem Darme in Form von Darmepithelien und Verdauungssäften den Resten der N-freien Nahrung zugemischt wurden. Jedenfalls findet eine derartige N-Zumischung zum Kothe regelmässig statt, wenn sie auch meist sicher weit unter der oben mitgetheilten Grösse zurückbleibt. Mir scheint dieses Verhältniss mit Schuld an dem scheinbaren Plus in der N-Ausscheidung in den Gleichgewichtstagen (Capitel XI) gegenüber den N-Einnahmen bei dem Menschen zu tragen, da ja die N-Menge des Kothes als unverdaut von dem N-Gehalt der Nahrung

abgezogen wurde, während sie doch nicht unbeträchtlich grösser ist als diese in Wahrheit sein würde. Dieser Umstand muss die *N*-Ausscheidung scheinbar vergrössern. Die *N*-Zumischung im Darm hat die Dignität von dem *N* der Nahrung, und muss nothwendig mit zu den Einnahmen, nicht zu den Ausgaben gerechnet werden. — Diese Fehlerquelle besitzen nur die Stoffwechselversuche am Menschen und Pflanzenfresser (?); bei dem Fleischfresser, der einen sehr kurzen Darm besitzt und wenig Koth lässt, kommt sie — nach den Beobachtungen von C. Voit — nicht in Betracht.

III.

Zu Capitel XV. § 3. Das Kreatin in seinen Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Die mitgetheilten künstlichen Ermüdungsversuche eignen sich sehr wohl zu Vorlesungsexperimenten. Am auffallendsten ist die Erscheinung am Herzen, an welchem man ohne weitere Instrumente und Versuchsvorrichtung, was mir für die Demonstration von Werth scheint, die Ermüdung und Erholung zeigen kann. Die Milchsäure muss sehr verdünnt sein und man darf nicht unterlassen, sie in 0,7 % oder 0,5 % Kochsalzlösung einzuspritzen. So gelingt es durch einfaches Auswaschen mit der Kochsalzlösung allein, das Herz wieder zum Schlagen zu bringen. Das Kreatin, welches ich zu den Versuchen verwendete, war aus Hundeharn dargestellt durch Auflösen des rohen Harnstoffkuchens in kochendem Alkohol, aus welchem das Kreatin herauskrystallisirte und durch Umkrystallisiren gereinigt wurde. Anders dargestellte mit Kreatinin verunreinigte Präparate zeigen manchmal nur geringe oder keine Wirkung. Ich bin damit beschäftigt den Grund davon zu eruiren. Auch schwache Kalisalzlösungen in 0,5 % Kochsalzlösung lassen, wenn sie sehr kurz eingewirkt haben, eine vollkommene Beseitigung ihrer Wirkung auf das Herz zu. Ich bin in letzter Zeit geneigt die Kalisalze, welche ja auch bei der Zersetzung der Muskelsubstanz im Tetanus aus ihrer man könnte sagen organischen Verbindung frei werden müssen, ebenfalls unter die ermüdenden Stoffe zu rechnen. Weitaus aber am schönsten gelingt der Ermüdungsversuch mit der Fleischbrühe des wärmestarren Froschmuskels.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



